



Universidad
Técnica de
Cotopaxi

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERA INGENIERÍA ELÉCTRICA

PROPUESTA TECNOLÓGICA

**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ENERGÍA SOLAR
EN EL LABORATORIO DE ENERGÍA RENOVABLE DE LA UNIVERSIDAD
TÉCNICA DE COTOPAXI, PARA EL ESTUDIO DE LOS REGÍMENES DE
CAPTACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA RENOVABLE”**

Autores:

Coloma Erazo Carlos Alexander
Sislema Cajilema Francisco José

Tutor:

Ing. McS. Proaño Xavier

Latacunga – Ecuador

2017

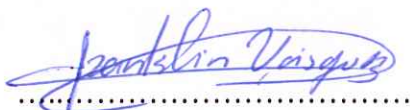
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban el presente informe de investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi y por la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas; por cuanto, los postulantes: Coloma Erazo Carlos Alexander con número de C.I. 150084533-2 y Sislema Cajilema Francisco José con número de C.I. 160056649-9, con el Título de la Propuesta Tecnológica: **“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ENERGÍA SOLAR EN EL LABORATORIO DE ENERGÍA RENOVABLE DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI, PARA EL ESTUDIO DE LOS RÉGIMENES DE CAPTACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA RENOVABLE”** han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de Sustentación de Proyecto.

Por lo tanto, expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga, Noviembre del 2017


Para constancia firman:



Ing. Mg. Franklin Vásquez

C.C. 171043449-7

LECTOR 1 (Presidente)



Ing. Mg. Rommel Suárez

C.C. 180416535-3

LECTOR 2



Ing. Mg. Franklin Medina

C.C. 050125961-8

LECTOR 3

AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

En calidad de Director de la Propuesta Tecnológica sobre el título: “ **DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ENERGÍA SOLAR EN EL LABORATORIO DE ENERGÍA RENOVABLE DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI, PARA EL ESTUDIO DE LOS REGÍMENES DE CAPTACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA RENOVABLE**”, de Carlos Coloma y Francisco Sisilema , de la carrera Ingeniería Eléctrica en S.E.P., considero que dicho Informe Investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científico- técnicos suficientes para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Validación de Proyecto que el Honorable Consejo Académico de la Facultas de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga, Noviembre del 2017



Ing. McS. Xavier Proaño

Tutor de la Propuesta Tecnológica



DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Nosotros, **Coloma Erazo Carlos Alexander y Sislema Cajilema Francisco José** declaramos ser autores del presente Propuesta Tecnológica : **“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ENERGÍA SOLAR EN EL LABORATORIO DE ENERGÍA RENOVABLE DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI, PARA EL ESTUDIO DE LOS REGÍMENES DE CAPTACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA RENOVABLE”** siendo el, Ing. McS. Xavier Proaño, director del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, se certifica que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de nuestra responsabilidad.

Coloma Erazo Carlos Alexander
C.I. 150084533-2

Sislema Cajilema Francisco José
C.I. 050311677-9



CERTIFICADO

En calidad de Director de la Carrera de Ingeniería Eléctrica de la Institución de Educación Superior “ Universidad Técnica de Cotopaxi” Aprueba la implementación de la Propuesta Tecnológica sobre el título: “ **DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ENERGÍA SOLAR EN EL LABORATORIO DE ENERGÍA RENOVABLE DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI, PARA EL ESTUDIO DE LOS REGÍMENES DE CAPTACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA RENOVABLE**”, que la realizaron los señores Carlos Coloma con la cedula de ciudadanía 150084533-2 y Francisco Sislema con la cedula de ciudadanía 160056649-9.

Latacunga, Noviembre del 2017

Ing. McS. Secundino Marreno

Director de la Carrera de Ing. Eléctrica

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por ser mi guía en cada paso que di para poder culminar con mi carrera y realizar este sueño tan importante.

Agradezco a mi estimada Universidad Técnica de Cotopaxi por abrirme las puertas y poder pertenecer como estudiante de esta prestigiosa Institución.

A mí querida familia quienes fueron un apoyo constante y los cuales siempre me dieron ánimos para seguir día a día para llegar a este punto tan importante de formar parte de uno de los profesionales de nuestro querido País.

Han sido un sin número de personas que siempre me brindaron su apoyo, consejos, amistad y animo a nunca rendirme siempre les seré eternamente agradecido por todo.

Carlos.

DEDICATORIA

Dedico este proyecto a Dios por haberme dado la vida, y colmarme de sabiduría y así poder cumplir con el sueño tan anhelado de ser un profesional.

A mi querida familia quienes fueron el pilar fundamental en mi vida como estudiante, a mi querida hija porque por ella es la razón de cada paso que doy y ahí está reflejado el esfuerzo y sacrificio que he dado para cumplir con mi promesa de ser un profesional.

Carlos.

AGRADECIMIENTO

A mi Dios por permitirme estudiar y darme la sabiduría el entendimiento y la fortaleza espiritual para lograr realizar este sueño, a mi amada familia por el apoyo brindado el apoyo necesario en cada uno de los mementos de mi etapa estudiantil.

A mi prestigiosa Universidad Técnica de Cotopaxi y a cada uno de los docentes quienes me forjaron para llegar a ser un profesional.

Agradezco al Ing. McS. Xavier Proaño quien, con su asesoramiento, conocimiento y experiencia, apoyó para culminar el trabajo de Titulación.

Francisco

DEDICATORIA

A ti mi Dios por brindarme la sabiduría y fortaleza necesaria para seguir adelante día a día en cada pasó que doy y por haberme permitido llegar a este momento tan importante de mi formación profesional.

A mi familia padres (Valeriano e Emilia) y hermana (María) quienes son un pilar fundamental en mi vida y darme su apoyo incondicional, les extiendo mis más sentidos agradecimientos desde lo más profundo de mi corazón.

Francisco.

ÍNDICE

1.	INFORMACIÓN GENERAL.....	1
2.	DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.....	2
3.	JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO.....	3
4.	BENEFICIARIOS DEL PROYECTO.....	3
5.	EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	3
6.	OBJETIVOS.....	4
6.1.	Objetivo General.....	4
6.2.	Objetivo Específicos.....	4
7.	ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS.....	5
8.	FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	6
8.1.	Introducción general a la energía solar fotovoltaica.....	6
8.2.	Energía solar.....	6
8.2.1.	Radiación Directa.....	7
8.2.2.	Radiación Difusa.....	7
8.2.3.	Energía solar térmica.....	9
8.2.4.	Energía solar fotovoltaica.....	9
8.2.5.	Energía solar termoeléctrica.....	9
8.2.6.	Irradiación.....	9
8.2.7.	Insolación.....	10
8.2.8.	Tecnologías de Fabricación de celdas fotovoltaicas.....	11
8.2.9.	Funcionamiento de un panel fotovoltaico.....	12
8.2.10.	Instalaciones aisladas de la red eléctrica.....	18
8.2.11.	Equipos Necesarios para una Instalación Fotovoltaica.....	19
8.2.12.	Posicionamiento y Orientación de los PFV y condiciones óptimas para un mejor aprovechamiento de la energía solar.....	22
8.3.	Sistema de puesta a tierra.....	23
8.4.	Dimensionamiento de conductores.....	23
8.5.	Estructura de los soportes.....	24
9.	HIPÓTESIS.....	24
10.	METODOLOGÍA Y DISEÑO EXPERIMENTAL.....	24
10.1.	Modalidad básica de la investigación.....	24
10.2.	Tipo de Investigación.....	24

10.2.1. Investigación aplicada.....	24
10.2.2. Investigación de campo.....	25
10.3. Métodos.....	26
10.3.1. Método Analítico.....	26
10.3.2. Método deductivo.....	26
10.3.3. Método Sintético.....	26
10.4. Técnicas.....	26
10.4.1. La observación.....	27
10.5. Instrumentos de la investigación.....	27
10.6. Tratamiento y análisis estadístico de los datos.....	28
10.6.1. Los análisis dependen de tres factores.....	28
10.6.2. Revisión crítica de la información recogida.....	28
10.6.3. Tabulación o cuadros según variables de cada hipótesis.....	28
11. DESARROLLO DE LA PROPUESTA.....	28
11.1. Cálculo del sistema de Iluminación.....	28
11.1.1. Coeficiente de reflexión.....	31
11.1.2. Cálculo de iluminación del laboratorio.....	32
11.2. Determinación de la Energía requerida para el Sistema fotovoltaico.....	34
11.3. Cálculo del Banco de Baterías.....	36
11.4. Cálculo de los Paneles Solares.....	36
11.5. Cálculo del Controlador de Carga.....	39
11.6. Cálculo del Inversor de corriente.....	40
11.7. Conexión de los paneles fotovoltaicos.....	40
11.8. Conexión de las baterías de descarga profunda.....	41
11.9. Elección de los equipos.....	42
11.10. Selección de protecciones y calibre de conductores.....	42
11.10.1. Calibre de conductor.....	42
11.10.2. Caída de voltaje.....	43
11.11. Consideraciones para la instalación de un sistema solar fotovoltaico.....	44
11.11.1. Estructura del soporte.....	44
11.12. Sistema de baterías.....	45
11.13. Montaje de paneles fotovoltaicos sobre las estructuras de soporte.....	45
11.14. Ubicación de los paneles fotovoltaicos.....	47
11.15. Orientación e Inclinación de los paneles Solares.....	47

11.16. Puesta a tierra.....	48
12. IMPACTOS (TÉCNICOS, SOCIALES, AMBIENTALES O ECONÓMICOS SEGÚN SEA EL CASO).....	49
12.1. Impacto Tecnológico.....	49
12.2. Impacto Ambiental.....	49
12.3. Impacto Económico.....	49
13. VALORACIÓN ECONÓMICA Y/O PRESUPUESTO PARA IMPLEMENTAR LA PROPUESTA DEL PROYECTO.....	49
13.1. Recursos Financieros.....	49
13.1.1. Costos Directos.....	49
13.2. Costos indirectos.....	51
14. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	52
14.1. Conclusiones.....	52
14.2. Recomendaciones.....	52
15. BIBLIOGRAFÍA.....	53
16. ANEXOS.....	56

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Mapa solar del ecuador	10
Figura 2: Curva de Irradiación Diaria y horas solares pico.....	11
Figura 3: Panel Solar de Silicio Monocristalino.....	12
Figura 4: Desplazamiento de Electrones mediante la captación de Fotones.....	13
Figura 5: Esquema de Funcionamiento de un Panel solar	13
Figura 6: Curva IV y PV para un módulo fotovoltaico típico a 1000 W/m ² y 25 °C.....	15
Figura 7: Efectos de los niveles de radiación sobre la corriente	16
Figura 8: Efectos de la temperatura sobre la generación de energía en un panel Solar	17
Figura 9: Instalación Fotovoltaica Aislada de la Red Eléctrica	18
Figura 10: Comportamiento de los parámetros nominales del panel de 85W.	20
Figura 11: Parámetros físicos del panel solar.....	20
Figura 12: Planta del laboratorio de energía renovable	29
Figura 13: Diagrama de conexión de los paneles Fotovoltaicos	41
Figura 14: Diagrama de conexión de las baterías de descarga profunda AGN.....	41
Figura 15: Esquema general del sistema fotovoltaico.....	46
Figura 16: Estructura que soporta los paneles fotovoltaicos.....	46
Figura 17: Ubicación de los paneles fotovoltaicos.	47
Figura 18: Orientación de los paneles solares	48
Figura 19: Puesta a tierra.....	48

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Beneficiarios directos e indirectos	3
Tabla 2: Actividades, resultados y medios de verificación	5
Tabla 3: Parámetros para paneles solares inclinados en Latacunga	8
Tabla 4: Límites aceptables por pérdidas por efecto de la sombra, orientación e Inclinación	17
Tabla 5: Parámetros técnicos de panel solar.....	19
Tabla 6: Niveles de Iluminación recomendadas para locales Educativos y Asistenciales.....	29
Tabla 7: Factor de utilización en función de las características del local	31
Tabla 8: Coeficientes de Reflexión de Techos, Paredes y Suelo.....	31
Tabla 9: Dimensiones del Laboratorio	33
Tabla 10: Estimación de Consumo de Energía para el laboratorio	34
Tabla 11: Irradiación solar mensual para la ciudad de Latacunga	37

Tabla 12: Equipos del sistema Fotovoltaico.....	42
Tabla 13: Selección del calibre de conductores	44
Tabla 14: Parámetros técnicos de la batería	45
Tabla 15: Costos directos de los equipos del sistema fotovoltaico.	50
Tabla 16: Costos directos de los materiales eléctricos.	50
Tabla 17: Costos directos del sistema Fotovoltaico.	51
Tabla 18: Resumen del costo total del proyecto.....	51

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

TITULO: “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ENERGÍA SOLAR EN EL LABORATORIO DE ENERGÍA RENOVABLE DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI, PARA EL ESTUDIO DE LOS REGÍMENES DE CAPTACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA RENOVABLE”

Autores:

Coloma Erazo Carlos Alexander

Sislema Cajilema Francisco José

RESUMEN

En el presente proyecto de titulación se realizó la implementación de un sistema solar fotovoltaico autónomo para abastecer la energía (iluminación y una carga demostrativa) en el laboratorio de energías renovables. Para mejorar el aprendizaje y entendimiento de temas relacionados con el aprovechamiento de energías renovables como también analizar sus ventajas y desventajas, considerar el comportamiento de un sistema fotovoltaico en tiempo real y demostrar la eficiencia del mismo. Mediante el seguimiento de normas y parámetros estándares se incorporó un regulador controlador de 24 (VDC), 30 (A), MORNINGSTAR EcoPulse, y un inversor de corriente de 24 (VDC) y 110 (VAC) de 1500 (W) de potencia. El sistema cuenta con un banco de baterías conformado por dos baterías de 100 (Ah) tipo AGM de descarga profunda a 12 (VDC) conectados en serie para obtener 24 (VDC). Los módulos fotovoltaico que abastecen la energía son cuatro cada una de 85 (W), 18.22 (VDC), 4.67 (A) conectados en serie y paralelo respectivamente el cableado se realizó con la utilización de 4 conductores de Cobre THHN N° 8 AWG desde los módulos hacia el controlador de carga, en el laboratorio de energías renovables se instaló todos los equipos del sistema, para una mejor visualización y práctica de los estudiantes. Este sistema solar implementado permite tener un día de autonomía de suministro de energía en el laboratorio de energías renovables, en caso de no contar con una radiación solar durante el día.

Palabras clave: Paneles solares, inversor, controlador, banco de baterías, radiación solar.

TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI

FACULTY OF APPLIED ENGINEERING SCIENCES

TOPIC: "DESIGN AND IMPLEMENTATION OF A SYSTEM OF SOLAR ENERGY IN THE RENEWABLE ENERGY LABORATORY OF THE TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI, FOR THE STUDY OF THE CAPTURE AND STORAGE OF RENEWABLE ENERGY"

Authors:

Coloma Erazo Carlos Alexander

Sislema Cajilema Francisco Jose

ABSTRACT

In the present project was implemented of an autonomous solar photovoltaic system to supply the energy (lighting and a demonstrative) in the laboratory of renewable energies improving the learning and understanding of issues related to the use of renewable energies as well as analyze their advantages and disadvantages. Analyzing the behavior of a photovoltaic system in real time and to demonstrate the efficiency of the same, through the norms and standards that are incorporated a 24VDC regulator controller, 30A, Morningstar EcoPulse, and an inverter 24VDC and 110 VAC, 1000W)of power. The system account with a bank of batteries made up of two batteries 100Ah, AGM type of deep discharge to 12 VDC connected in series for 24VDC. Photovoltaic modules that supply energy are four each of 85W, 24VDC, 4.67A connected in series and parallel respectively the wiring was carried out with the use of four Copper Conductors THHN N°. Eight AWG wire from the modules to the charge controller, in the laboratory of renewable energies will be installed all computers in this system, for a better view and practice of the students. This solar system implemented allows you to have a day of autonomy of energy supply in the laboratory of renewable energies, in case you do not have a solar radiation during the day.

Key words: Solar panels, Inverter, Controller, Bank of batteries, solar radiation



AVAL DE TRADUCCIÓN

En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro Cultural de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal CERTIFICO que: La traducción del resumen de la Propuesta Tecnológica al Idioma Inglés presentado por el señor(s), Carlos Alexander Coloma Erazo y Francisco José Sislema Cajilema, Egresados de la Carrera de Ingeniería Eléctrica en S.E.P de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas, cuyo título versa **“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ENERGÍA SOLAR EN EL LABORATORIO DE ENERGÍA RENOVABLE DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI, PARA EL ESTUDIO DE LOS REGÍMENES DE CAPTACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA RENOVABLE”**, lo realizó bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo al peticionario hacer uso del presente certificado de la manera ética que estimaren conveniente.

Latacunga, Noviembre del 2017

Atentamente,

Msc. Alison Mena Barthelotty
DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS
C.C. 0501801252

1. INFORMACIÓN GENERAL

Título del Proyecto:

“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ENERGÍA SOLAR EN EL LABORATORIO DE ENERGÍA RENOVABLE DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI, PARA EL ESTUDIO DE LOS REGÍMENES DE CAPTACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA RENOVABLE”.

Fecha de inicio: Mayo – 2017

Fecha de finalización: Octubre – 2017

Lugar de ejecución:

Cotopaxi- Latacunga-San Felipe-Universidad Técnica de Cotopaxi

Facultad que auspicia:

Facultada de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas

Carrera que auspicia:

Ingeniería Eléctrica

Equipo de Trabajo

Tutor del Proyecto de Investigación:

Nombre: Ing. McS. Xavier Proaño

Domicilio: Latacunga

Numero de celular: 0960184127

E-mail: xavier.proaño@utc.edu.ec

Coordinador del proyecto:

Nombre: Carlos Alexander Coloma Erazo

Domicilio: Latacunga.

Numero de celular: 0968649870

E-mail: carloscoloma2914@outlook.com

Coordinador del proyecto:

Nombre: Francisco José Sislema Cajilema

Ciudad Domicilio: Santa Clara, Pastaza,

Numero de celular: 0984021751

E-mail: franciscosislema@hotmail.es

Área de Conocimiento:

Ingeniería Eléctrica, construcción y energías renovables

Línea de investigación:

Energías alternativas, renovables y protección ambiental

Sub líneas de investigación de la Carrera:

Control de la captación y almacenamiento de energía renovable.

2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

La utilización y aplicación de energías renovables se viene dando con mayor intensidad en el mundo, por lo cual en Ecuador también se ha incrementado la implementación de estos sistemas en la última década, incentivando al aprovechamiento de los recursos renovables para satisfacer las necesidades energéticas requeridas en este proyecto.

En la carrera de Ingeniería Eléctrica se vienen desarrollando nuevas propuestas que sean beneficiosas para la ciudad y el medio ambiente. Es por ello que se ha planteado una nueva forma de generación de energía eléctrica mediante paneles fotovoltaicos que aprovechen el recurso solar privilegiado de nuestro país.

En la Universidad Técnica de Cotopaxi esencialmente en la carrera de Ingeniería Eléctrica se ha apreciado la falta de laboratorios para que los estudiantes puedan desarrollar de forma práctica, lo impartido por los docentes en cada una de las aulas.

Mediante la implementación del proyecto se podrá dotar de un laboratorio de energías renovables, donde los estudiantes de la carrera de Ingeniería Eléctrica podrán realizar prácticas técnicas aprovechando los recursos renovables y efectuar los estudios adecuados de los regímenes de almacenamiento y captación de la energía solar.

Al realizar el proyecto de investigación se tratará de motivar a las nuevas generaciones para que aporten al mejoramiento académico e institucional implementando diferentes laboratorios de acuerdo a cada una de las asignaturas que rijan en la malla curricular, con esto mejorar el

prestigio institucional de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

El diseño e implementación de un sistema de energía solar en el laboratorio de energía renovable aportará a la parte académica donde los estudiantes de la carrera de Ingeniería Eléctrica podrán realizar las diferentes prácticas que se imparten teóricamente en las aulas de la Universidad y esto será a base de la utilización de energía renovable donde además se aportará a la protección del medio ambiente.

Mediante el seguimiento de normas, estándares y procedimientos de sistemas fotovoltaicos ya existentes en nuestro país, se tomará como guía para la incorporación del sistema a implementar además de usar los recursos que estén al alcance.

Satisfacer la necesidad de analizar y realizar el dimensionamiento de un sistema fotovoltaico para la generación de energía solar renovable facilitará al aprendizaje y entendimiento de los estudiantes y así determinar que los trabajos se realizan correctamente dados en las clases, y así comprobarlos con la práctica.

4. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO

Tabla 1: Beneficiarios directos e indirectos

Directos	Estudiantes y Docentes de la Carrera de Ingeniería Eléctrica. Carlos Alexander Coloma Erazo - Investigador Francisco José Sislema Cajilema – Investigador
Indirectos	Laboratorio de Energía Renovable de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

Realizado por: Postulantes

5. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

En instituciones donde se imparten carreras técnicas y de investigación la falta de laboratorios no permite tener una idea clara de la teoría de las distintas asignaturas dadas por los docentes,

teniendo como resultado falencias por parte de los estudiantes en su vida diaria como profesionales.

La Universidad Técnica de Cotopaxi en la actualidad ha maximizado la implementación de laboratorios en algunas carreras de la facultad de CIYA esto gracias a los distintos grupos de estudiantes que se han inclinado por el método de titulación de proyectos de investigación además de los docentes que inculcan a una mejor preparación a los estudiantes.

Implementar un laboratorio elevará el nivel académico y consecuentemente será un gran aporte para la acreditación de la carrera de Ingeniería Eléctrica la cual es una de la más importante dentro de la Institución.

La necesidad de analizar el comportamiento del sistema fotovoltaico en tiempo real y condiciones de la misma que va a permitir determinar el comportamiento del sistema

6. OBJETIVOS

6.1. Objetivo General

- Implementar un sistema de energía solar, por medio de la utilización de 4 paneles solares monocristalinos de 36 celdas, para abastecer de la energía (iluminación y una carga demostrativa) en el laboratorio de energías renovables de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

6.2. Objetivo Específicos

- Revisar un análisis bibliográfico para conocer el procedimiento que permita dimensionar cada uno de los elementos del sistema fotovoltaico mediante una investigación de temas relacionados.
- Determinar la carga instalada para la selección de los equipos del sistema utilizando una plantilla para calcular la energía requerida.
- Adquirir los equipos y realizar el montaje que permita generar energía eléctrica para satisfacer de la energía (iluminación y una carga demostrativa) mediante el sistema fotovoltaico.
- Realizar pruebas de los equipos y verificar su correcto funcionamiento.

7. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADO

Tabla 2: Actividades, resultados y medios de verificación

Objetivo	Actividad	Resultado de la actividad	Descripción de la metodología por actividad
Revisar un análisis bibliográfico para conocer el procedimiento que permita dimensionar cada uno de los elementos del sistema fotovoltaico mediante una investigación de temas relacionados.	La actividad consta en realizar investigaciones bibliográficas relacionadas al tema.	El resultado de la actividad es conocer la tecnología pasada y actual de los sistemas fotovoltaicos.	Recolección de información relacionada con el tema utilizando la técnica de investigación.
Determinar la carga instalada para la selección de los equipos del sistema utilizando una plantilla para calcular la energía requerida.	Elaborar una matriz para obtener el cálculo de la carga instalada y el consumo de energía.	Como resultado se obtendrán la capacidad de los equipos a implementar en el sistema fotovoltaico.	Estudio de la energía requerida a satisfacer del laboratorio mediante recolección de datos.
Adquirir los equipos y realizar el montaje que permita generar energía eléctrica para satisfacer de la energía (iluminación y una carga demostrativa) mediante el sistema fotovoltaico.	Seleccionar un lugar adecuado para el montaje e instalación del sistema para aprovechar al máximo la generación de la energía solar	Generar la energía apropiada para satisfacer de la energía (iluminación y una carga demostrativa) requerida.	Investigación acerca de la inclinación correcta de los paneles dependiendo el sector de ubicación del sistema.
Realizar pruebas de los equipos y verificar su correcto funcionamiento.	Realizar las pruebas pertinentes y mediciones de los valores de corrientes y voltajes.	Se tiene el correcto funcionamiento de cada uno de los equipos.	Verificación los parámetros principales como voltaje, corriente en sistema.

8. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

8.1. Introducción general a la energía solar fotovoltaica

Los sistemas solar fotovoltaicos (FV) consiste en la conversión directa de la radiación del Sol en energía eléctrica. Esta conversión se realiza a través de la célula solar, unidad básica en la que se produce el efecto fotovoltaico. La energía solar fotovoltaica está indicada para un amplio abanico de aplicaciones donde se necesite generar electricidad, bien sea para satisfacer las necesidades energéticas de aquellos que no disponen de la red eléctrica (sistemas fotovoltaicos autónomos). Se puede realizar una primera clasificación de los sistemas fotovoltaicos en función de si están o no conectados a la red eléctrica convencional: (Abella, 2017, pág. 3)

- Sistemas fotovoltaicos autónomos son aquellos que están aislados de la red eléctrica.
- Sistemas fotovoltaicos conectados a la red son aquellos que están directamente conectados a la red eléctrica.

Una de las principales características de los Sistemas fotovoltaicos es que producen electricidad únicamente cuando reciben irradiación solar y además la cantidad de energía que generan es directamente proporcional a la irradiación solar que incide sobre su superficie. Resulta evidente que en multitud de aplicaciones el consumo energético se produce independientemente de la radiación solar (claro ejemplo resulta un sistema de iluminación donde precisamente de lo que se trata es de tener energía durante la noche). En este tipo de aplicaciones es necesario incluir un sistema de almacenamiento de energía, en los sistemas FV la energía producida por los módulos FV se almacena en baterías.

En general, un sistema fotovoltaico se compone de la siguiente manera:

- Un generador fotovoltaico.
- Una batería de acumulación.
- Un controlador de carga.
- Un inversor.

8.2. Energía solar

El sol representa la mayor fuente de energía existente en nuestro planeta. La cantidad de energía emitida y que llega a la tierra en forma de radiación, equivale a aproximadamente 35

millones 24 de veces la energía producida por todas las centrales de generación eléctrica. La energía 25 es transmitida por medio de ondas electromagnéticas presentes en los rayos solares, las cuales son generadas en forma continua y emitida permanentemente al espacio, esta energía se la puede percibir en forma de luz y calor. Cerca del 70% de la energía solar recibida por la tierra es absorbida por la atmósfera, la tierra y por los océanos, mientras que el 30% restante es reflejado por la atmósfera de regreso al espacio. (Simec Chile, 2010, p.59)

La energía solar cumple un rol fundamental en nuestras vidas, esto porque sin ella sería imposible. La energía absorbida por la atmósfera, la tierra y los océanos permite una serie de procesos naturales, como por ejemplo mantener una temperatura promedio, la evaporación, que permite la generación de precipitaciones, movimiento de masas de aire, fotosíntesis, generación de biomasa, etc.

Por otro lado la energía solar es una fuente de energía renovable, inagotable, limpia y sustentable en el tiempo. Producto de la sobreexplotación de recursos no renovables y los efectos generados por su consumo, se puede percibir una creciente conciencia social y de los gobiernos, de sacar provecho de este tipo de energías. Esto es posible de ver por la mayor cantidad de sistemas de generación en base a energías renovables instalados y en proceso de instalación, los cuales son utilizados como sistema auxiliar o principal, dependiendo de la ubicación y recursos de quién los utilice. Ahora bien, la potencia de la radiación 26 depende del momento del día, las condiciones atmosféricas y la ubicación. Bajo condiciones óptimas se puede asumir un valor aproximado de irradiación de 1000 W/m^2 en la superficie terrestre. Esta radiación puede llegar a la tierra en forma directa o difusa.

8.2.1. Radiación Directa

Es la radiación que llega directamente del Sol sin haber sufrido cambio alguno en su dirección. Este tipo de radiación se caracteriza por proyectar una sombra definida de los objetos opacos que la interceptan sin reflexiones o refracciones en su recorrido. Este tipo de radiación puede reflejarse y concentrarse para su utilización. (Construmatica, 2012)

8.2.2. Radiación Difusa

Parte de la radiación que atraviesa la atmosfera es reflejada por las nubes o absorbida por estas. Esta radiación, que se denomina difusa, va en todas direcciones, como consecuencia de las reflexiones y absorciones, no solo de las nubes sino de las partículas de polvo atmosférico, montañas, arboles, edificios, el propio suelo, etc. Este tipo de radiación se caracteriza por no

producir sombra alguna respecto a los objetos opacos interpuestos. Las superficies horizontales son las que más radiación difusa reciben, ya que ven toda la bóveda celeste, mientras que las verticales reciben menos porque solo ven la mitad. (Arenas Sanchez & Castaño Zapata, 2011, pág. 23)

La irradiación directa normal fuera de la atmósfera, recibe el nombre de constante solar y tiene un valor promedio de 1354 W/m^2 , el valor máximo se encuentra en el perihelio (lugar donde un planeta se encuentra más cercano al sol) y corresponde a 1395 W/m^2 , mientras que el valor mínimo se encuentra en el afelio (lugar donde un planeta se encuentra más lejano al sol) y es de 1308 W/m^2 .

La radiación directa es la que llega directamente del sol a un objeto o plano terrestre y se la puede distinguir porque forma sombras bien definidas además es la de mejor utilización, por otro lado la radiación difusa es aquella que sufre alteraciones desde que ingresa a la atmosfera por obstáculos que se interponen en su recorrido, en el momento de aprovechar este tipo de radiación ambas son de gran importancia por motivos climáticos.

Existen distintos tipos de tecnologías que permiten utilizar la energía proveniente del sol, los cuales se nombran a continuación:

Tabla 3: Parámetros para paneles solares inclinados en Latacunga

Incidencia de radiación promedio mensual en una superficie inclinada inclinada por el ecuador ($\text{kWh} / \text{m}^2 / \text{día}$)													
Lat -0.932 Lon -78.606	Ene	Feb	Mar	Abr	Mayo	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Promedio Anual
SSE HRZ	4,13	4,34	4,55	4,33	4,12	4,01	4,26	4,46	4,26	4,24	4,30	3,98	4,25
K	0,40	0,41	0,43	0,42	0,42	0,43	0,45	0,45	0,41	0,40	0,42	0,39	0,42
Difuso	2,16	2,28	2,35	2,22	2,05	1,96	1,98	2,12	2,28	2,28	2,19	2,12	2,17
Directo	2,96	2,98	3,10	3,02	3,09	3,18	3,48	3,40	2,81	2,79	3,13	2,83	3,07
Inclinación 0	4,08	4,29	4,49	4,27	4,07	3,97	4,22	4,40	4,21	4,18	4,24	3,92	4,20
Inclinación 15	4,18	4,31	4,41	4,31	4,22	4,19	4,43	4,50	4,16	4,17	4,33	4,03	4,27
Inclinación 90	2,20	2,00	1,68	2,02	2,38	2,56	2,61	2,26	1,68	1,85	2,20	2,19	2,14
OPTAR	4,18	4,33	4,49	4,32	4,23	4,23	4,46	4,50	4,22	4,20	4,33	4,04	4,29
OPT ANG	15,0	9,00	1,00	10,0	20,0	25,0	23,0	15,0	3,00	7,00	14,0	17,0	13,2

NOTA: La radiación difusa, la radiación directa normal y la radiación superficial inclinada no se calculan cuando el índice de claridad (K) es inferior a 0,3 o superior a 0,8.

Fuente: (NASA Langley ASDC User, 2017)

8.2.3. Energía solar térmica

Aprovecha la energía calórica del sol para calentar algún tipo de fluido a baja temperatura, normalmente, agua para uso sanitario y calefacción, los sistemas utilizados para esto se denominan colectores solares.

8.2.4. Energía solar fotovoltaica

Aprovecha la energía lumínica del sol para producir electricidad mediante placas de semiconductores que se alteran con la radiación solar, estos sistemas se llaman Paneles Solares Fotovoltaicos (PFV).

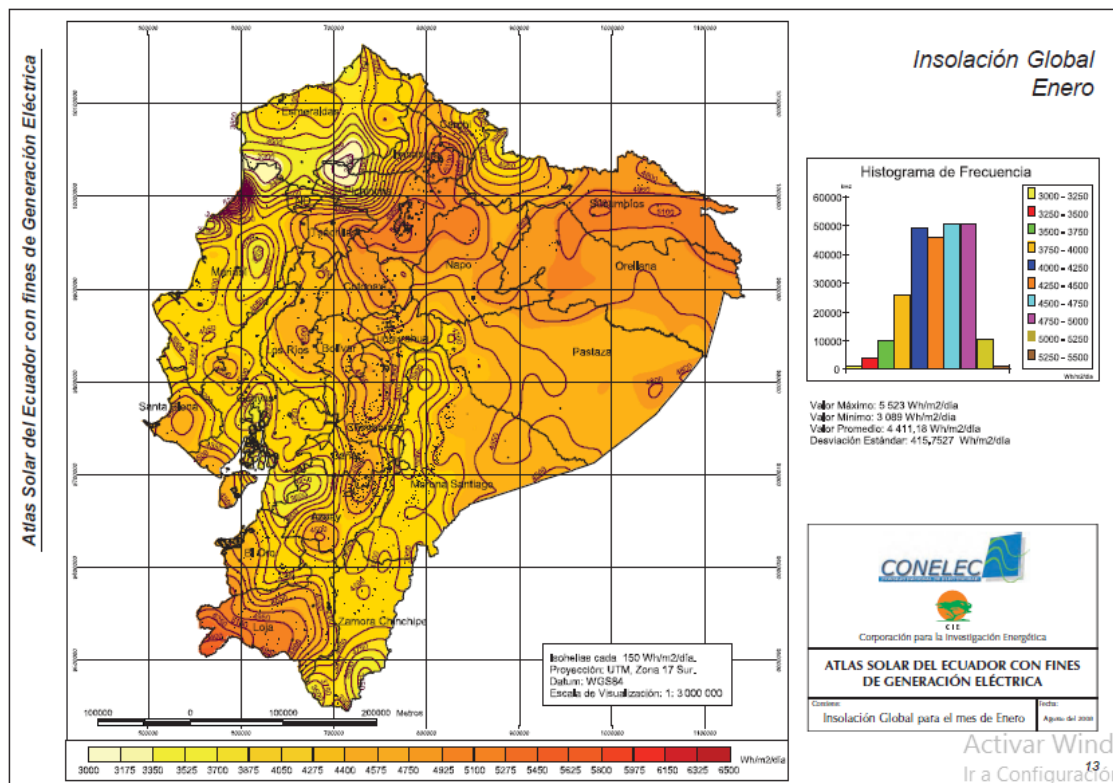
8.2.5. Energía solar termoeléctrica

Aprovecha la energía calórica para producir electricidad, esto se logra a través de un ciclo termodinámico convencional, mediante el cual se calienta algún tipo de fluido a alta temperatura (aceite térmico).

8.2.6. Irradiación

Es la magnitud utilizada para describir la potencia incidente por unidad de superficie de todo tipo de radiación electromagnética. En este caso corresponde a radiación proveniente del sol, la cual se puede percibir en forma de calor o luz (visible o no visible, lo cual dependerá de cada longitud de onda en particular). Su unidad de medida en el sistema internacional es W/m^2 . (Simec Chile, 2010, p.61)

En la Figura 1 se puede apreciar la insolación global de nuestro país pero para realizar nuestro presente estudio se consideró la zona de la Provincia de Cotopaxi donde los valores de insolación global me van desde los 4050 ($Wh/m^2/día$) hasta un valor máximo 5100($Wh/m^2/día$).

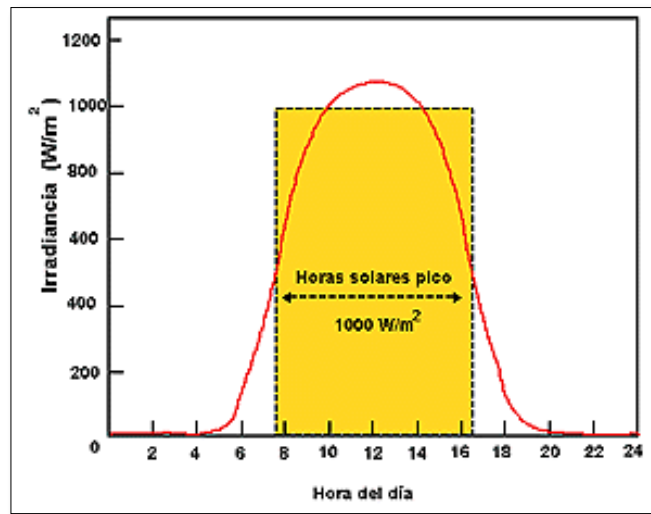
Figura 1: Mapa solar del ecuador

Fuente: (Consejo Nacional de Electricidad, 2008)

8.2.7. Insulación

La Insulación corresponde a la cantidad de energía en forma de radiación solar que llega a un lugar de la Tierra en un día concreto (insulación diurna) o en un año (insulación anual). En otras palabras es la energía radiante que incide en una superficie de área conocida en un intervalo de tiempo dado. Su unidad de medida es el Watts-hora por metro cuadrado (Wh/m²). La insulación también se expresa en términos de horas solares pico. Una hora solar de energía es equivalente a la energía recibida durante una hora, a una irradiación promedio de 1.000 W/m². La energía útil que entrega los paneles fotovoltaicos es directamente proporcional a la insulación incidente. (Simec Chile, 2010, p.62)

Para calcularla se puede asumir que no hay atmósfera o que se mide en la parte alta de ella y se denomina insulación diurna o anual no atenuada, otra forma es medir en la superficie de la Tierra teniendo en cuenta la presencia de la atmósfera, en este caso se denomina insulación atenuada siendo más complejo calcularla. En la Figura 2 se muestra la insulación correspondiente a un día, la cual es representada por el área amarilla de la figura.

Figura 2: Curva de Irradiación Diaria y horas solares pico

Fuente: (Fuentes, 2013)

La insolación es un parámetro muy importante en el diseño de sistemas solares. Los factores climáticos y el ángulo de posicionamiento del panel con respecto al sol afectan en demasía la insolación sobre la superficie de captación. En zonas de poco sol, ya sea por nubes, neblina u otro factor, la insolación promedio en un periodo de tiempo es menor. En días de invierno los niveles de insolación promedio son considerablemente menores en comparación a los días de verano, esto se da para lugares cuya latitud sea mayor a los 15°.

La irradiación es la magnitud para describir la potencia incidente por unidad de superficie de cualquier tipo de radiación electromagnética (W/m^2), la insolación es la energía radiante que incide en una superficie de área conocida en un tiempo determinado (Wh/m^2), la insolación es un parámetro muy importante al momento del dimensionamiento del uso de paneles solares.

8.2.8. Tecnologías de Fabricación de celdas fotovoltaicas.

Las celdas solares de silicio se construyen utilizando planchas monocristalinas, planchas policristalinas o láminas delgadas (amorfas).

8.2.8.1. Silicio Monocristalino.

Estas celdas están fabricadas en base a láminas de un único cristal de muy alta pureza y estructura cristalina casi perfecta. El espesor aproximado de las láminas es de 1/3 a 1/2 milímetro, las cuales son cortadas de una gran barra o lingote monocristalino creado a una temperatura cercana a 1400° C, siendo este un proceso muy costoso. Basados en secciones de

una barra de silicio perfectamente cristalizado en una sola pieza. En laboratorio se han alcanzado rendimientos máximos del 24,7% para éste tipo de paneles siendo en los comercializados del 16%. Los paneles contruidos con este tipo de tecnología son los más desarrollados del mercado, siendo garantizados por algunos fabricantes por hasta 25 años. La Figura 3 muestra un panel solar de silicio monocristalino. (Blog de Cemaer, 2014)

Figura 3: Panel Solar de Silicio Monocristalino

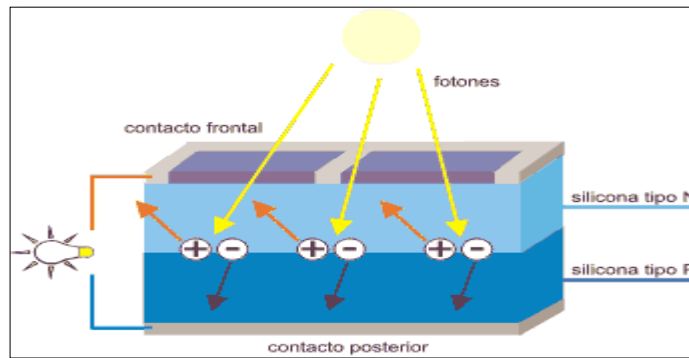


Fuente: (Blog de Cemaer, 2014)

8.2.9. Funcionamiento de un panel fotovoltaico.

Éstos están formados por varias células fotovoltaicas, y cada una de ellas está compuesta por lo menos por dos láminas delgadas de silicio, separadas entre ellas por una capa de un elemento semiconductor. Una de estas láminas está formada con elementos con menor carga de electrones que el silicio, o sea con menor carga negativa, y por tanto esta lámina es la positiva (P), y otra formada con elementos con mayor carga de electrones que el silicio, o sea con mayor carga negativa, y por tanto esta lámina es la negativa (N). Por otra parte, los fotones que proceden del sol y que contienen la energía adecuada, inciden sobre la superficie de la lámina P, que al interactuar con el material de dicha capa liberan electrones de los átomos de silicio, y éstos atraviesan la capa de semiconductor para llegar a la lámina N, y una vez en la lámina N no pueden volver por si solos a la lámina P. Al acumularse electrones en la lámina N se crea una diferencia de potencial o tensión respecto a la P. Y si se unen las dos láminas (N y P) mediante dos cables conductores, unidos éstos a su vez a una carga o elemento que consume electricidad, se crea una corriente eléctrica continua que fluye desde el polo negativo al positivo. Tal como se puede apreciar en la figura 4 y figura. (Moreno, 2012)

Figura 4: Desplazamiento de Electrones mediante la captación de Fotones



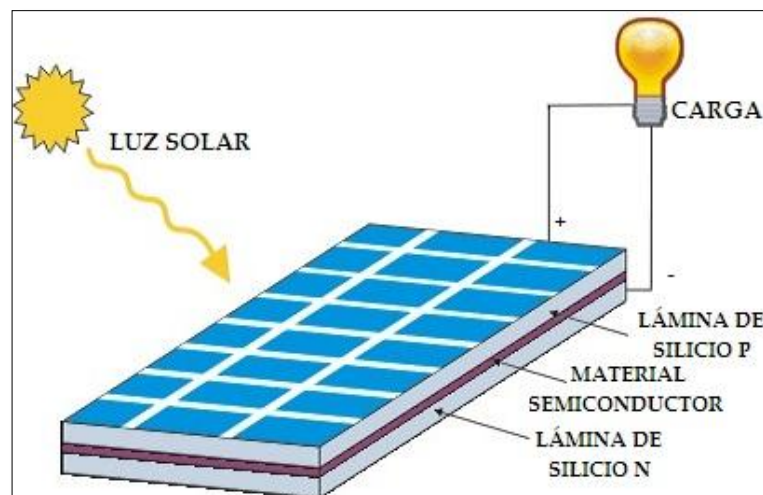
Fuente: (Enriquez, 2011)

El nivel de energía proporcionado por un panel fotovoltaico depende de lo siguiente:

- Tipo de panel y área del mismo
- Nivel de radiación e insolación
- Longitud de onda de la luz solar

Una celda fotovoltaica común de silicio monocristalino de 100 cm^2 de superficie, puede producir aproximadamente 1.5 W de energía, a 0.5 voltaje DC y 3 A , bajo condiciones óptimas (luz solar en pleno verano a una radiación de 1000 W/m^2). La energía entregada por la celda es casi directamente proporcional al nivel de radiación solar.

Figura 5: Esquema de Funcionamiento de un Panel solar



Fuente: (Moreno, 2012)

El valor de la potencia de salida de los paneles se denomina potencia pico, la cual corresponde a la potencia máxima entregable por el conjunto de celdas bajo las siguientes condiciones estándares de prueba (STC: Standard Test Conditions):

- Radiación de 1000 W/m²
- Temperatura de celda de 25° C (no corresponde a la temperatura ambiente).
- Masa de aire (AM=1,5).

Bajo estas condiciones es posible medir los siguientes parámetros:

8.2.9.1.1. Corriente de corto circuito (I_{sc}).

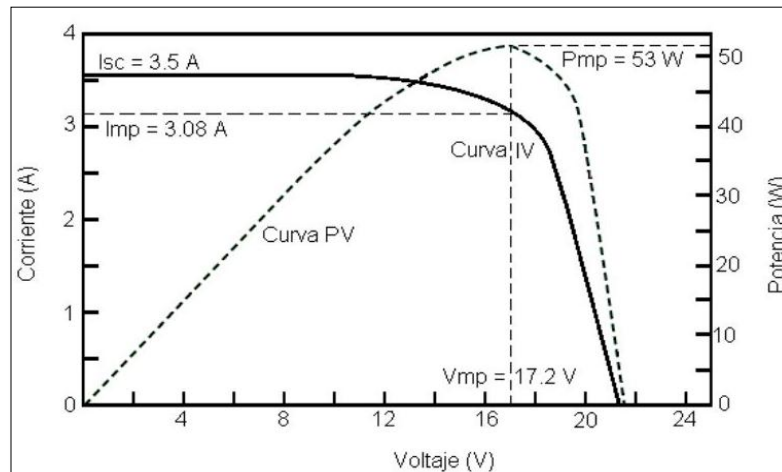
Corresponde a la máxima corriente en amperes generada por cada panel, al conectar una carga de resistencia cero en sus terminales de salida. Su valor depende de la superficie del panel y de la radiación solar.

8.2.9.1.2. Voltaje de circuito abierto (V_{oc}).

Corresponde al voltaje máximo que genera un panel solar y medido en los terminales de salida cuando no existe carga conectada, es decir, a circuito abierto.

El comportamiento eléctrico de los paneles está dado por las curvas de corriente v/s voltaje (curva IV) o potencia v/s voltaje (curva PV). La curva de potencia está dada por el producto entre la corriente y el voltaje en cada punto de la curva IV. La Figura 6 muestra las curvas IV y PV características de un panel típico Solares VLX-53, disponible comercialmente. Bajo las condiciones estándares de prueba mencionadas anteriormente, cada modelo de panel tiene una curva IV o PV característica.

La corriente nominal (I_{mp}) y el voltaje nominal (V_{mp}) del panel se alcanzan en el punto de máxima potencia. Mientras el panel opere fuera del punto de máxima potencia, la potencia de salida será significativamente más baja. Muestra los datos entregados por el fabricante de paneles Solares VLX-53. (Juárez, 2011)

Figura 6: Curva IV y PV para un módulo fotovoltaico típico a 1000 W/m² y 25 °C

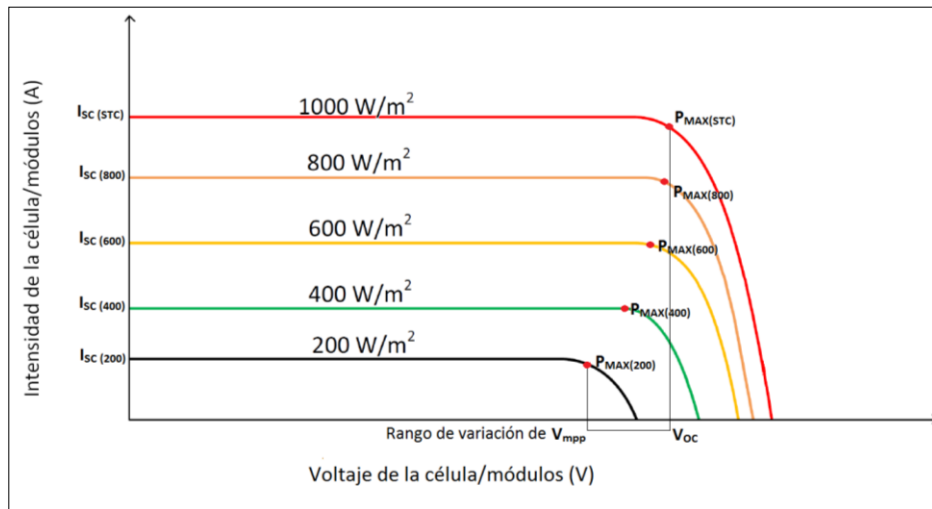
Fuente: (Juárez, 2011)

8.2.9.1.3. *Energía de la luz incidente*

Para producir el movimiento de los electrones y generar flujo de corriente, es necesario que el nivel de radiación que incide sobre el panel (fotones) posea una cantidad de energía entre ciertos límites. Debido a que la luz incidente tiene distintas longitudes de onda, cerca del 50% de la radiación recibida no está dentro del margen aceptado por los paneles solares disponibles comercialmente y se pierde, ya sea por poca o demasiada energía. Por otro lado la corriente es directamente proporcional a la radiación incidente y aceptada por el panel, por lo que un bajo nivel de energía radiante provocará que la corriente generada también sea baja, la Figura 7 muestra las curvas IV para distintos niveles de radiación. (Simec Chile SRL, 2010, pág. 77)

8.2.9.1.4. *Reflexión*

Este tipo de pérdidas se produce en la superficie del panel, debido a la reflexión de los rayos incidentes esta disminución está en función a la radiación que reciben los paneles fotovoltaicos como podemos ver en la figura 7. Para disminuir este tipo de pérdidas, en el proceso de fabricación se están utilizando capas antirreflejo y superficies rugosas.

Figura 7: Efectos de los niveles de radiación sobre la corriente

Fuente: (INGELIBRE, 2014)

8.2.9.1.5. *Efecto de la Sombra.*

El efecto de sombras sobre los paneles solares, afecta notoriamente el rendimiento de estos, es por esto que se debe procurar al momento de diseñar una instalación fotovoltaica, situar los paneles en lugares donde no sufran este tipo de interferencias.

Este efecto es más notorio en instalaciones de paneles conectados en serie, ya que si un panel es sombreado no generará los mismos niveles de energía que los que se encuentran descubiertos, por lo cual consumirá energía, en vez de generarla. (Simec Chile SRL, 2010, pág. 78)

8.2.9.1.6. *Efecto de la orientación e inclinación.*

Los paneles solares trabajarán en forma óptima cuando su orientación sea directa hacia el sol, es decir, que el panel se sitúe perpendicularmente hacia el sol. En instalaciones fijas, es imposible mantener el panel perpendicular al sol, por lo cual, el sistema se debe diseñar de tal forma que su instalación permita aprovechar la mayor cantidad de luz posible y en los periodos de mayor radiación.

Para las instalaciones con sistema de seguimiento, este problema tiene menor incidencia, ya que el panel tiende a mantener la perpendicularidad hacia el sol. La Tabla 4 muestra los valores aceptables para distintos factores de pérdidas. (Sebastian, 2013)

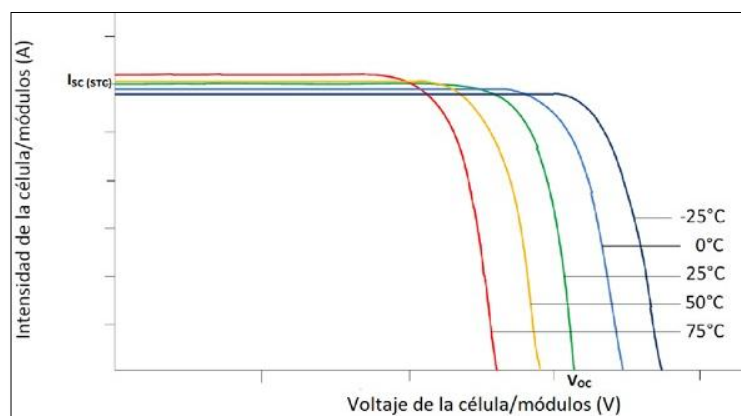
Tabla 4: Límites aceptables por pérdidas por efecto de la sombra, orientación e Inclinación

	Orientación e Inclinación (OI)	Sombras (S)	Total (OI+S)
General	10%	10%	15%
Superposición	20%	15%	30%
Integración Arquitectónica	40%	20%	50%

Fuente: (Simec Chile SRL, 2010)

8.2.9.1.7. Efecto de la Temperatura.

La temperatura de la célula posee un efecto importante sobre el valor del voltaje en circuito abierto (V_{oc} , que es el máximo valor del voltaje en extremos de la célula y se da cuando esta no está conectada a ninguna carga), y lo podemos ver sobre la curva $I - V$, según muestra en la figura 8. Así, al aumentar la temperatura, el voltaje de circuito abierto disminuye del orden de unos pocos mili voltios por cada grado centígrado que aumenta la temperatura ($2,3 \text{ mV}/^{\circ}\text{C}$ para el silicio y entre 2 y $2,2 \text{ mV}/^{\circ}\text{C}$). Además, como consecuencia de esta variación de V_{oc} , a medida que aumenta la temperatura, provoca a su vez, que la eficiencia de la célula haga lo propio: disminuir al aumentar la temperatura (se reduce entre el $0,4$ y $0,5\%$ por $^{\circ}\text{C}$ en las células de silicio y alrededor de $0,3\%$ por $^{\circ}\text{C}$). La siguiente figura ilustra las variaciones de las principales características eléctricas de una célula solar en función de la temperatura. (Collado, 2015)

Figura 8: Efectos de la temperatura sobre la generación de energía en un panel Solar

Fuente: (Collado, 2015)

Los factores que afectan el rendimiento de un panel solar son la energía de luz incidente debe estar dentro de ciertos límites de radiación sobre el panel, la reflexión que se da en la superficie del panel produce pérdidas para la captación de energía por lo cual se ha tomado la

construcción de superficies rigurosas o antirreflectoras, el efecto de sombra afecta notoriamente el rendimiento de los paneles por lo q es recomendable al momento de diseñar el sistema fotovoltaico en lugares abiertos, el efecto de inclinación se debe asegurar que el panel se encuentre dirigido directamente perpendicular al sol para aprovechar la mayor cantidad de radiación.

8.2.10. Instalaciones aisladas de la red eléctrica

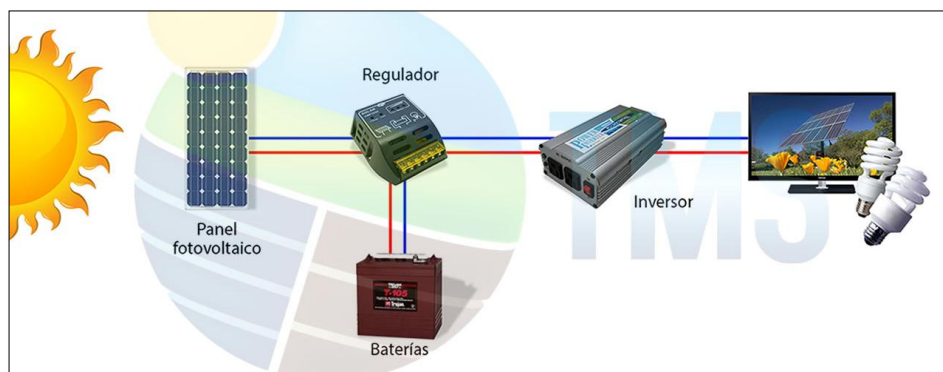
Una instalación solar fotovoltaica aislada es un sistema de generación de corriente sin conexión a la red eléctrica que proporciona al propietario energía procedente de la luz del sol. Normalmente requiere el almacenamiento de la energía fotovoltaica generada en acumuladores solares -o baterías- y permite utilizarla durante las 24 horas del día. Estas instalaciones fotovoltaicas aisladas son ideales en regiones donde la conexión a la red eléctrica no es posible o no está prevista debido a los altos costes de desarrollo de la construcción de los sistemas eléctricos de la línea, especialmente en las zonas rurales remotas. Son utilizadas en sectores alejados, que no tienen acceso a la red eléctrica. (Krannich, 2017) Esto puede ser apreciado en la Figura 9.

Las instalaciones aisladas de la red dan lugar a dos tipos de suministros según sea el tipo de distribución:

8.2.10.1. *El Sistema descentralizado.*

Al contrario del sistema centralizado, en este caso se instala individualmente el sistema completo en la vivienda o lugar a energizar. Los costos en este tipo de instalaciones son más altos.

Figura 9: Instalación Fotovoltaica Aislada de la Red Eléctrica



Fuente: (Tecnología y materiales sustentables, S.A. de C.V., 2013)

8.2.11. Equipos Necesarios para una Instalación Fotovoltaica

8.2.11.1. Paneles fotovoltaicos.

Al grupo de células fotoeléctricas o celdas fotovoltaicas se le conoce como panel fotovoltaico. Los paneles fotovoltaicos consisten en una red de células conectadas como circuito en serie para aumentar la tensión de salida hasta el valor deseado (usualmente se utilizan 12V a 48V) a la vez que se conectan varias redes como circuito paralelo para aumentar la corriente eléctrica que es capaz de proporcionar el dispositivo. La eficiencia de conversión media obtenida por las células disponibles comercialmente (producidas a partir de silicio monocristalino) está alrededor del 16%. La vida útil media a máximo rendimiento se sitúa en torno a los 25 años, período a partir del cual la potencia entregada disminuye. El tipo de corriente eléctrica que proporcionan es corriente continua, por lo que si necesitamos corriente alterna o aumentar su tensión, tendremos que añadir un inversor y/o un convertidor de potencia. (Energiza, 2017)

Tipo de placa: Monocristalina

Numero de celdas: 36

Los paneles solares fotovoltaicos que se van a instalar tienen las características técnicas que se detallan en la tabla 5.

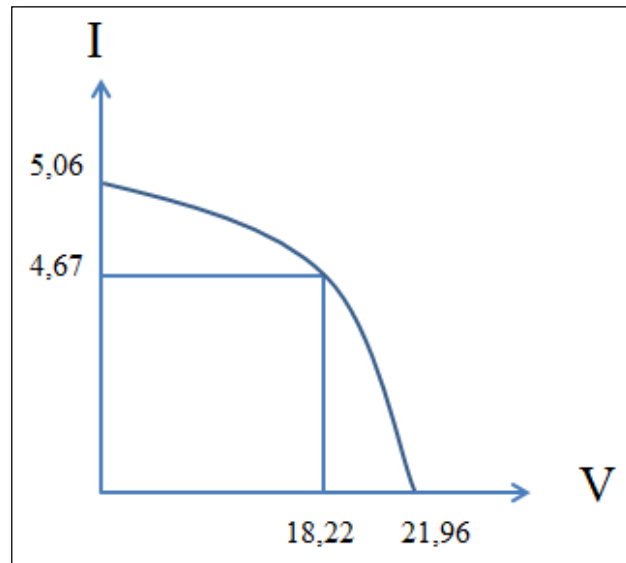
Tabla 5: Parámetros técnicos de panel solar

Parámetro Técnico Eléctrico	Modelo: TYN-85S5
Potencia eléctrica máxima P_{max}	85 W
Tensión eléctrica máxima V_{max}	18.22 V
Corriente eléctrica máxima I_{max}	4.67 A
Tensión eléctrica a circuito abierto V_{ca}	21.96 V
Corriente de corto circuito I_{cc}	5.06 A
Tensión eléctrica máxima del sistema	1000 V

Realizado por: Postulantes

Los parámetros de voltaje y corriente del panel fotovoltaico de 85W como se aprecia en la figura 10.

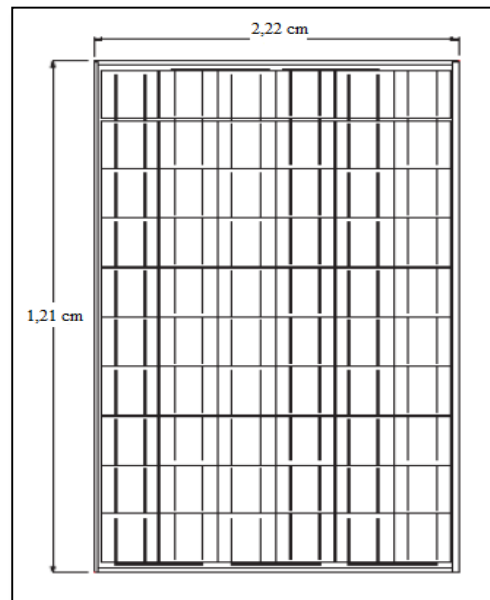
Figura 10: Comportamiento de los parámetros nominales del panel de 85W.



Realizado por: Postulantes

Ya que se va a instalar cuatro paneles solares fotovoltaicos se forma un módulo fotovoltaico de longitud de 2,22 metro y 1,21 metros de ancho, como se puede observar en la figura 11.

Figura 11: Parámetros físicos del panel solar



Realizado por: Postulantes

8.2.11.2. *Regulador.*

El controlador de carga es un elemento propio de las instalaciones fotovoltaicas autónomas. También se le conoce como carga. Al tratarse de una instalación en que la energía generada por los módulos fotovoltaicos no se suministra directamente a la red eléctrica se van a

necesitar baterías. Para poder cargar las baterías de un modo seguro los controladores de carga desempeñan un papel fundamental tanto en el proceso de carga como en el de descarga de las baterías. El controlador de carga es el que limita la energía que se le suministra a la batería ya que cuando la batería ya está cargada, si se le sigue suministrando energía, se calienta y se podría generar una situación peligrosa. Dentro del apartado de energía solar fotovoltaica, podréis encontrar más información sobre los reguladores de carga (Energía Solar, 2015).

8.2.11.3. *Baterías de ciclo profundo.*

Las baterías en un sistema de energía solar fotovoltaica es la de acumular la energía producida por los paneles fotovoltaicos durante las horas de Sol para poderla utilizar durante la noche o en días nublados. El uso de baterías también permite proveer una intensidad de corriente superior que la que puede ofrecer un panel fotovoltaico en funcionamiento. Este sería el caso si se utilizaran varios aparatos eléctricos en un mismo instante. Una batería consta de pequeños acumuladores de 2V integrados en el mismo elemento; tiene corriente continua a 6, 12, 24 o 48V. El acumulador es la celda que almacena energía a través de un proceso electroquímico. De este modo, cuando hablamos de una batería de 12V, estamos hablando de un conjunto en serie de 6 celdas de 2V cada una. (Energía Solar, 2015)

Una batería de ciclo profundo, en su estado máximo de carga, puede proveer energía eléctrica durante unas 20 horas continuas. El ciclo corresponde al tiempo que tarda la batería en descargarse a sus niveles mínimos (hasta el 80% de su capacidad total de carga, de ahí el nombre de ciclo profundo) y luego volver a cargarse al 100% de su capacidad.

8.2.11.3.1. *Cálculo de la batería del sistema fotovoltaico.*

La batería es el elemento más importante de cualquier instalación fotovoltaica aislada de la red. No solo determinan la cantidad de energía que se puede almacenar al sistema sino que también determinan en gran medida el tipo de paneles solares que se utilizarán. Para determinar la capacidad de la batería del sistema tanto en potencia como en corriente es necesario conocer acerca de los días de autonomía en el sistema de energía solar que seguirá abastecimiento de energía sin recibir la radiación solar El voltaje de las baterías es una de las constantes del sistema la misma que permite definir el nivel de voltaje con la que van a operar cada uno de los elementos y por ende ayudará a establecer el tipo de conexión la que se conectarán los paneles solares. (Comercialsolar , 2015)

8.2.11.4. Inversor.

Este elemento permite convertir la corriente continua (CD) en alterna (CA), dado que los sistemas fotovoltaicos nos entregan corrientes continua es necesario realizar esta conversión para la utilización de los aparatos eléctricos comunes. Los inversores son dispositivos electrónicos los cuales permiten interrumpir las corrientes y cambiar su polaridad, de acuerdo a si el sistema fotovoltaico va a estar aislado de la red podemos utilizar inversores de baja Voltaje (12, 24, 32, 36 o 48 v) generada por las placas fotovoltaicas y la acumulada en las baterías, a corriente alterna de una magnitud y frecuencia necesaria, 110 Volts y 60 Hz de frecuencia. Esto es necesario para poder utilizar los equipos eléctricos de corriente alterna. (Webcindario, 2017)

Un inversor está formado por las siguientes etapas:

Etapla Osciladora: cumple la función de generar los pulsos a una frecuencia similar a la frecuencia de la red eléctrica donde será conectada, a 60 Hz, o ciclos por segundo.

Etapla Amplificadora: está formada por transistores que cumplen la función de amplificar la señal pulsante de la etapa osciladora, a un nivel suficiente como para excitar a la sección elevadora de voltaje.

Etapla elevadora de Voltaje: un transformador de voltaje se encarga de elevar la tensión a 120 volt, para que de esta forma se puedan conectar artefactos eléctricos que trabajen a 120 volt y 60 Hz. A la salida se obtiene una señal senoidal de características casi similares a la de la red eléctrica.

8.2.12. Posicionamiento y Orientación de los PFV y condiciones óptimas para un mejor aprovechamiento de la energía solar.

Debido a que los paneles solares fotovoltaicos basan su funcionamiento en la luz y energía proveniente del sol, la energía eléctrica entregada será proporcional a la cantidad de luz que reciban sobre su superficie captadora. Es por esto que mientras mayor sea la energía irradiada sobre el panel, mayor será la cantidad de energía eléctrica que se obtenga a su salida.

8.3. Sistema de puesta a tierra

Puesta a tierra significa el aterramiento físico o la conexión de un equipo a través de un conductor hacia tierra. La tierra está compuesta por muchos materiales, los cuales pueden ser buenos o malos conductores de la electricidad pero la tierra como un todo, es considerada como un buen conductor. Por esta razón y como punto de referencia, al potencial de tierra se le asume cero. La resistencia de un electrodo de tierra, medido en ohmios, determina que tan rápido, y a que potencial, la energía se equipara. De esta manera, la puesta a tierra es necesaria para mantener el potencial de los objetos al mismo nivel de tierra.

En síntesis los Sistemas de Puesta a Tierra nos protegen de Sobretensiones (Perturbaciones), de manera de garantizar:

- Protección al personal y a los equipos.
- Fijar un potencial de referencia único a todos los elementos de la instalación.
- Para cumplir con esto, las redes de tierra deben tener 2 características principales:
- Constituir una tierra única equipotencial.
- Tener un bajo valor de resistencia.
- Se aclara que la resistencia del suelo varía con la temperatura, la humedad y la acumulación de sales

8.4. Dimensionamiento de conductores

En el dimensionamiento de los conductores intervienen la sección nominal mínima del conductor, la capacidad de conducción de corriente del conductor en régimen permanente, la caída de voltaje en el conductor, la protección del conductor contra sobrecarga y la protección del conductor contra cortocircuito.

A fin de considerar un circuito correctamente dimensionado, es necesario atender los requisitos anteriores, donde cada uno impacta en el resultado final del tamaño del conductor. Se considera como la sección nominal final aquella que es la mayor sección entre las obtenidas.

El dimensionamiento técnico del conductor resulta casi siempre en la menor sección nominal que no compromete la seguridad, la calidad y la durabilidad de la instalación eléctrica. Pero cuanto menor sea la sección del conductor, mayor será su resistencia eléctrica. En

consecuencia, mayor será la pérdida de energía a lo largo del circuito y durante la vida útil de la instalación

8.5. Estructura de los soportes

Las estructuras se las va a dimensionar de acuerdo al tipo de paneles, ya que se debe realizar con las medidas reales.

9. HIPÓTESIS

¿Mediante cuatro módulos fotovoltaicos monocristalinos de 36 celdas y 85W de potencia cada uno, se podrá abastecer parte de la Demanda Eléctrica del Laboratorio de Energía Renovable?

10. METODOLOGÍA Y DISEÑO EXPERIMENTAL

10.1. Modalidad básica de la investigación

Según Víctor Hugo Abril (2013: Internet), “las técnicas constituyen el conjunto de mecanismos, medios o recursos dirigidos a recolectar, conservar, analizar y transmitir los datos de los fenómenos sobre los cuales se investiga”.

Por consiguiente, las técnicas son procedimientos o recursos fundamentales de recolección de información, de los que se vale el investigador para acercarse a los hechos y acceder a su conocimiento.

10.2. Tipo de Investigación

Según Tevni Grajales (2002: Internet) la forma más común de clasificar las investigaciones es aquella que pretende ubicarse en el tiempo (según dimensión cronológica) y distingue entre la investigación de las cosas pasadas (Histórica), de las cosas del presente (Descriptiva) y de lo que puede suceder (Experimental).

10.2.1. Investigación aplicada.

Este tipo de investigación también recibe el nombre de práctica o empírica. Se caracteriza porque busca la aplicación o utilización de los conocimientos que se adquieren. La investigación aplicada se encuentra estrechamente vinculada con la investigación básica, pues depende de los resultados y avances de esta última; esto queda aclarado si se da cuenta que

toda investigación aplicada requiere de un marco teórico. Sin embargo, en una investigación empírica, lo que le interesa al investigador, primordialmente, son las consecuencias prácticas.

La investigación es aplicable, porque tomamos los conocimientos de la investigación básica y los utiliza al momento de la implementación de un sistema solar fotovoltaico en el laboratorio de energías renovables ya que con esto se pretende dar solución de los problemas que está afectando a un representativo sector estudiantil de la carrera de Ingeniería Eléctrica en el ámbito práctico.

10.2.1.1. Investigación documental

Este tipo de investigación es la que se realiza, como su nombre lo indica, apoyándose en fuentes de carácter documental, esto es, en documentos de cualquier especie. Como subtipos de esta investigación se encuentra la investigación bibliográfica, la hemerográfica y la archivística; la primera se basa en la consulta de libros, la segunda en artículos o ensayos de revistas y periódicos, y la tercera en documentos que se encuentran en los archivos, como cartas, oficios, circulares, expedientes, etc.

La investigación documental, va a permitir conocer, los criterios a considerar para el dimensionamiento de cada uno de los equipos que conforma un sistema fotovoltaico basándose en fuentes tales como libros, revistas, publicaciones, entre otros y así obtener con conocimiento profundo acerca del tema para darle una solución óptima.

10.2.2. Investigación de campo

Este tipo de investigación se apoya en informaciones que provienen entre otras, de entrevista, cuestionarios, encuestas y observaciones. Como es compatible desarrollar este tipo de investigación junto a la investigación de carácter documental, se recomienda que primero se consulten las fuentes de la de carácter documental, a fin de evitar una duplicidad de trabajos.

La investigación de campo ayudará a recolectar información sobre los parámetros principales para el diseño del sistema fotovoltaico en el laboratorio de energías renovables en donde se lleva a cabo el proyecto.

10.3. Métodos

Según Víctor Hugo Abril (2013: Internet), los métodos lógicos, llamados también generales son comunes a las diferentes ciencias y están presentes en todo tipo de investigación y son:

10.3.1. Método Analítico

El análisis consiste en la desmembración de un todo, en sus elementos para observar su naturaleza, peculiaridades, relaciones, etc. Es la observación y examen minuciosos de un hecho en particular.

El método analítico va permitir el analizar y describir cada uno de los parámetros para el diseño de dicho proyecto.

10.3.2. Método deductivo

Es aquel que parte de verdades previamente establecidas como principio general para luego aplicarlo a casos individuales y comprobar así su validez. La deducción o conclusión va de los principios generales ya conocidos a lo particular; recurriendo para ello a la aplicación, comprobación y demostración.

El método deductivo será empleado para deducir los conocimientos obtenidos en las clases, fuentes bibliográficas, y aplicarlos en el diseño e implementación de un sistema de generación solar.

10.3.3. Método Sintético

La síntesis tiene un carácter creador e integrador, al unir produce un todo nuevo, ya que su contenido no se identifica con ninguna de las partes que lo constituyen. Es el método de razonamiento que tiende a rehacer, reunificar o reconstruir en un todo lógico y concreto los elementos destacados a través del análisis.

El método sintético se utilizará para sintetizar los resultados del análisis en el diseño de cada uno de los elementos del sistema de generación de energía solar.

10.4. Técnicas

Según Víctor Hugo Abril (2013: Internet), las técnicas constituyen el conjunto de mecanismos, medios o recursos dirigidos a recolectar, conservar, analizar y transmitir los datos de los fenómenos sobre los cuales se investiga. Por consiguiente, las técnicas son

procedimientos o recursos fundamentales de recolección de información, de los que se vale el investigador para acercarse a los hechos y acceder a su conocimiento.

Las técnicas de investigación de campo, dirigidas a recoger información primaria son: la observación, la entrevista, la encuesta el test y el experimento.

10.4.1. La observación

La observación consiste en la percepción sistemática y dirigida a captar los aspectos más significativos de los objetos, hechos, realidades sociales y personas en el contexto donde se desarrollan normalmente.

Proporciona la información empírica necesaria para plantear nuevos problemas, formular hipótesis y su posterior comprobación.

Las observaciones deben ser registradas en forma cuidadosa. Todo lo observado se debe poner por escrito lo antes posible, cuando no se puede tomar notas en el mismo momento. Para esto el observador utiliza fichas, registros, libretas y otros instrumentos que le faciliten sistematizar, cuantificar y conservar los resultados de las observaciones.

10.5. Instrumentos de la investigación

Según Víctor Hugo Abril (2013:Internet), los instrumentos más utilizados para registrar la información observada son: la ficha de observación, el registro de observación, el cuaderno de notas, el diario de campo, los mapas, la cámara fotográfica, la grabadora y la filmadora.

En el presente proyecto los instrumentos de investigación a utilizar son los siguientes: la ficha de observación, registro de observación, cuaderno de notas, cámara fotográfica, filmadora entre otros ya que se necesita tomar datos como de radiación solar.

Para la obtención de los datos para el diseño del sistema fotovoltaico en el laboratorio de energía renovable de la Universidad técnica de Cotopaxi, se aplicarán técnicas de recolección de documentos, como: documentos en Excel, Word, AutoCAD 2015, para lo cual es necesario contar con páginas web con la información de fuentes confiables como libros de sistemas fotovoltaicos.

10.6. Tratamiento y análisis estadístico de los datos

Una vez recopilados los datos por las técnicas experimentales y /o instrumentos diseñados para este fin, los datos deben ser transferidos a una matriz o guardados en un archivo, para poder proceder a su análisis posterior. En la actualidad el procesamiento de datos se lleva a cabo por computadoras, aplicando tabuladores electrónicos y /o software estadísticos específicos. Ya nadie lo hace de forma manual, especialmente si hay un volumen de datos considerables, sobre todo teniendo en cuenta que prácticamente en todas las instituciones de educación superior, centros de investigación, empresas e instituciones se dispone de computadoras digitales y software matemáticos y estadísticos, capaces de archivar y analizar los datos.

10.6.1. Los análisis dependen de tres factores

- El nivel de medición de las variables.
- La manera cómo se han formulado las hipótesis
- El interés del investigador

10.6.2. Revisión crítica de la información recogida

Es decir limpieza de información defectuosa: contradictoria, incompleta, no pertinente, etc.

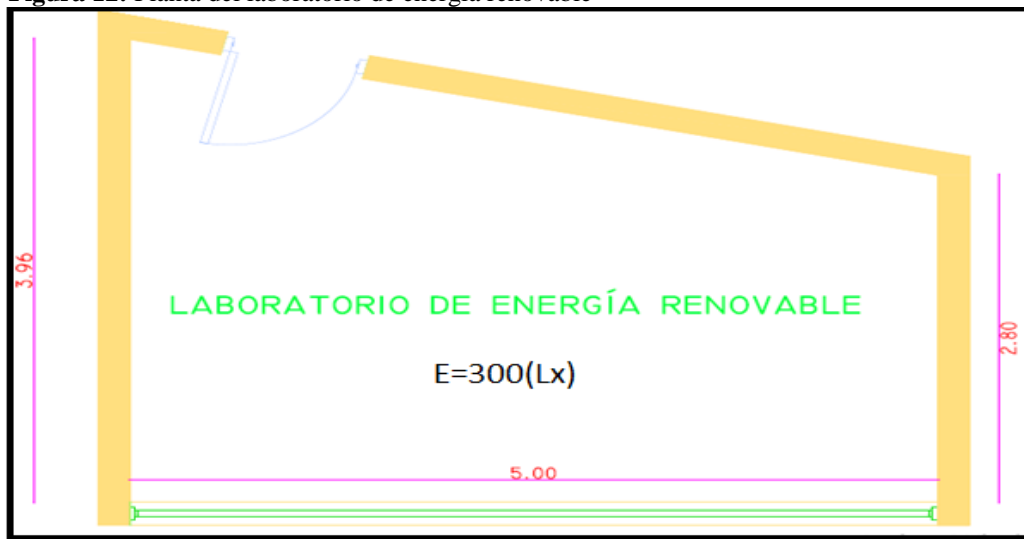
10.6.3. Tabulación o cuadros según variables de cada hipótesis

Manejo de información, estudio estadístico de datos para presentación de resultados.

11. DESARROLLO DE LA PROPUESTA

11.1. Cálculo del sistema de Iluminación

El diseño de iluminación se realizará para el laboratorio de energías renovables. La planta se lo muestra en la figura N° 12, en la cual además de mostrar las dimensiones, muestra la iluminación mantenida (E) necesaria para el aula.

Figura 12: Planta del laboratorio de energía renovable

Realizado por: Postulantes

Los niveles de iluminación, se extrajeron de datos recomendados, que corresponden a las mínimas iluminación admisible para cada aplicación. Como se puede apreciar en la Tabla N° 6.

Tabla 6: Niveles de Iluminación recomendadas para locales Educativos y Asistenciales.

Tipo de Recinto	Iluminancia [Lux]
Atención administrativa	300
Bibliotecas	400
Cocinas	300
Gimnasios	200
Oficinas	400
Pasillos	100
Policlínicos	300
Salas de cirugía menor	500
Salas de cirugía mayor, quirófanos (*)	500
Salas de clases, párvulos	150
Salas de clases, educación básica	200
Salas de clases, educación media	250
Salas de clases, educación superior	300
Salas de Dibujo	600
Salas de Espera	150
Salas de Pacientes	100
Salas de Profesores	400

Fuente: (COMILIGHT, 2016)

Se realizará el cálculo de iluminación, mediante la aplicación del método de flujo total para el cálculo del alumbrado de interiores, en la cual es necesario definir lo siguiente:

K: Índice del local [Adimensional].

E: Iluminancia promedio [Lux].

F: Flujo lumínico de la luminaria [Lm].

S: Superficie del Laboratorio [m²].

μ: Factor de utilización, el cual indica la eficiencia luminosa de la lámpara, luminaria y local, por lo tanto depende del sistema de iluminación, de las características de la luminaria, del índice del local (K), del factor de reflexión del techo, piso y paredes del laboratorio.

$$K = \frac{A*B}{H(A+B)} \quad (\text{Ecuación 1})$$

Ecuación 1 Índice de laboratorio (K) para Iluminación directa

$$K = \frac{3*A*B}{2H' (A+B)} \quad (\text{Ecuación 2})$$

Ecuación 2 Índice de laboratorio (K) para Iluminación Indirecta

Dónde:

A: Ancho del Laboratorio [m].

B: Largo del local [m].

H: Plano base útil o altura de las luminarias el plano de trabajo [m].

H': Distancia del techo al plano de trabajo [m].

Luego, la reflexión de la luz en las paredes, cielorraso y piso del aula, incide directamente sobre el factor de utilización. Esta reflectancia es representada por un número de 4 dígitos, los cuales representan la reflexión del cielorraso, friso (para superior de la pared, sobre la horizontal de la lámpara), las paredes y el piso. En caso de no existir friso se utiliza un número de 3 dígitos. Para el cual se utilizará la combinación 851, que corresponde a una reflectancia de 0,8 para el cielorraso (blanco), 0,5 para las paredes (crema) y 0,1 para el piso. Los valores de reflectancia para distintos materiales se pueden observar en la Tabla N°7.

Tabla 7: Factor de utilización en función de las características del local

Cielo	80%		
Pared	80%	50%	30%
Piso	10%		
K	Luz Directa		
0,6	0,890	0,730	0,700
0,8	0,940	0,780	0,770
1	0,980	0,830	0,820
1,25	0,101	0,900	0,860
1,5	0,103	0,930	0,890
2	0,105	0,970	0,930
2,5	0,105	0,990	0,960
3	0,106	0,100	0,980
4	0,106	0,102	0,100
5	0,107	0,103	0,101

Fuente: Simec Chile, 2010

11.1.1. Coeficiente de reflexión

Estos valores comúnmente se encuentran tabulados en función de los tipos de materiales, superficies y acabados del local a calcular, como podemos observar en tabla 8.

Tabla 8. Coeficientes de Reflexión de Techos, Paredes y Suelo

Tipo	Color	Factor de reflexión (ρ)
Techo	Blanco o muy claro	0.7
	claro	0.5
	medio	0.3
Paredes	claro	0.5
	medio	0.3
	oscuro	0.1
Suelo	Claro	0.3
	Oscuro	0.1

Fuente: (García Fernández, 2013)

Una vez conocidos los valores del índice del laboratorio y el factor de utilización, es posible determinar el flujo luminoso requerido para cada habitación en particular, para esto debemos definir el factor de mantenimiento (M) del sistema de iluminación, el cual corresponde a la relación entre la iluminancia producida al final del periodo de mantenimiento y la iluminancia producida cuando el sistema es nuevo. Generalmente este factor es igual a 0,8, es decir, la iluminancia al final del periodo del sistema, ha decaído en un 20% de la iluminancia inicial. Para este diseño se utilizará el factor de mantenimiento de 0,8.

El flujo luminoso total (F Total) es calculado según la Ecuación 3.

$$\varphi = \frac{E \cdot S}{\mu \cdot M} [\text{lm}] \quad (\text{Ecuación 3})$$

Dónde:

E: Corresponde a la iluminancia mantenida [lux],

M: Factor de mantenimiento del sistema de iluminación [Adimensional].

φ : Flujo luminoso total [lm].

S: Superficie del Laboratorio [m^2].

Luego el número de lámparas necesarias se determina de acuerdo a la Ecuación 4.

$$NL = \frac{\varphi \text{ Total}}{\varphi \text{ Lámpara}} \quad (\text{Ecuación 4})$$

NL: Número de luminarias [Unidad].

$\varphi \text{ Total}$: Flujo luminoso total [lm].

$\varphi \text{ Lámpara}$: Flujo luminoso de la lámpara [lm].

11.1.2. Cálculo de iluminación del laboratorio.

Para el cálculo de iluminación del laboratorio es necesario conocer las dimensiones la misma que la describimos en la tabla 9.

Tabla 9: Dimensiones del Laboratorio

Dimensiones del Laboratorio	
Descripción	Unidades
Ancho del Laboratorio (A)	M
Largo del Local (B)	M
Plano base útil o altura de las luminarias el plano de trabajo (H)	M
Distancia del techo al plano de trabajo (H')	M

Realizado por: Postulantes

Aplicando la ecuación número 1 obtenemos Índice del local:

$$K = \frac{A * B}{H(A + B)}$$

$$K = \frac{2.8m * 5m}{2.44m(2.8m + 5m)} = 0.735$$

De acuerdo a este resultado, buscamos el valor de K más próximo al obtenido y de acuerdo a la tabla número 7 al parámetro de reflectancia del local, hacemos la intersección entre ambas para encontrar el factor de utilización del local, el cual corresponde para este caso a:

$$\mu = 0,78$$

Para el cálculo de iluminación del laboratorio se consideró el nivel de iluminación recomendados que para nuestro caso, la misma es de 300 Lux. Entonces aplicando la ecuación número 3 el flujo total será:

$$\varphi = \frac{300lux * (2,8m * 5m)}{0,78 * 0,8} = 6730,76 \text{ lm}$$

Con este valor de flujo luminoso, es posible determinar el número de lámparas necesarias. Las lámparas seleccionadas para los cálculos, corresponden a la luminaria LED de 2x18 (W), con

un flujo luminoso de 1600 lm por lámpara y una eficiencia aproximada de 177.78 (lm/W), luz blanca por luminaria. Por lo tanto, al aplicar la ecuación 4 se obtendrá el número de lámparas:

$$NL = \frac{6730,76\text{lm}}{3200\text{lm}} = 2.10 \approx 2\text{luminarias}$$

Finalmente la potencia necesaria para alimentar las 2 luminarias se aplica la ecuación 5:

$$P_{\text{lum}} = P_{\text{lámpara}} * NL \quad (\text{Ecuación 5})$$

$$P_{\text{lum}} = 36\text{W} * 2 = 72 [\text{W}]$$

11.2. Determinación de la Energía requerida para el Sistema fotovoltaico

En la Tabla N° 10 se detalla los consumos de cada una de las cargas que desea implementar el sistema. La sumatoria de consumos de energía alcanza un valor aproximado de 262 W, a este valor debemos aplicar un factor de diversidad, el cual representa una estimación de la porción de dispositivos que se encuentran en funcionamiento en forma simultánea. Para este caso utilizaremos un factor de diversidad igual a un 100%, es decir, se estima que se utilizará en forma simultánea un 100% del consumo total considerado por concepto de iluminación, lo cual corresponde a un consumo aproximado de 72 W.

Tabla 10: Estimación de Consumo de Energía para el laboratorio

Descripción del equipo	Potencia (W)	Número de equipos	Horas/día Función	Consumo (Wh/día)
Iluminación	72	2	4	288
Lapto	90	1	4	360
Carga demostrativo	100	1	1	100
Consumo de los Equipos	20	4	4	80
Total	282			828
Energía Total				828

Realizado por: Postulantes

Una vez estimado el consumo energético total teórico del sistema (ET (Wh)), es necesario calcular el consumo real (E) que tendrá el laboratorio una vez realizada la instalación fotovoltaica, esto es, considerando además el consumo de los equipos propios de la

instalación (inversor, baterías, otros), producto de las pérdidas asociadas al funcionamiento. Para esto, se utilizará la Ecuación 6:

$$E = \frac{ET}{R} [\text{Wh}] \quad (\text{Ecuación 6})$$

Dónde:

E: consumo de energético real [Wh].

R: factor de rendimiento global de la instalación fotovoltaica

ET: consumo energético total teórico del sistema [Wh].

Para encontrar R (factor de rendimiento de la instalación fotovoltaica se aplicara la ecuación 7).

$$R = (1 - kb - kc - kv) * \left(1 - \frac{ka * N}{Pd}\right) \quad (\text{Ecuación 7})$$

Dónde:

R: factor de rendimiento global de la instalación fotovoltaica

kb: Coeficiente de pérdidas por rendimiento del banco de baterías.

kc: Coeficiente de pérdidas en el inversor.

kv: Coeficiente de pérdidas varias (pérdidas en conductores, efecto joule, etc.) se consideran valores de referencia entre 0,05 y 0,15.

ka: Coeficiente de auto-descarga diario:

N: número de días de autonomía de la instalación.

Pd: Profundidad de descarga

Días en que el sistema trabajará bajo condiciones de irradiación mínimas (días nublados continuos), se consumirá más energía de la que se genera.

Profundidad de descarga diaria de la batería no deberá exceder el 80% de su capacidad nominal, a fin de evitar afectar la vida útil del banco de baterías.

Los valores utilizados para los cálculos son los siguientes:

kb: 0,1

kc: 0,05

kv: 0,05

ka: 0,005

N: 1

pd: 0,5

Por lo tanto, y según la Ecuación 7, el rendimiento de la instalación será:

$$R = (1 - 0,05 - 0,05 - 0,05) * \left(1 - \frac{0,005 * 1}{0,5}\right) = 0,8415$$

De acuerdo a la ecuación número 6, se calcula la energía real consumida (E):

$$E = \frac{828\text{Wh}}{0,8415} = 983,96(\text{Wh})$$

11.3. Cálculo del Banco de Baterías

Al ya conocer el valor real del consumo de energía en la instalación es posible calcular la capacidad del banco de baterías (CBat) necesario para acumular la energía generada por el sistema se consideró para un día de autonomía, esto lo obtenemos aplicando la Ecuación 8:

$$C_{bat} = \frac{E * N}{V * P_d} = [\text{Ah}] \quad (\text{Ecuación 8})$$

Dónde:

Cbat: capacidad del banco de baterías [Ah].

E: Consumo de energético real [Wh].

N: Números de días de autonomía de la instalación [día].

V: Nivel de voltaje de la batería [V].

Pd: Profundidad de descarga diaria de la batería [%].

Por lo tanto aplicando la ecuación 8, capacidad del banco de baterías (Cbat) se obtendrá:

$$C_{bat} = \frac{983,96(\text{Wh}) * 1\text{dia}}{12(\text{V}) * 0.5} = 163,99[\text{Ah}]$$

Se instalará dos baterías de 100 Ah, 12 V cada uno teniendo entre las dos 200 Ah y por ende se cubre la capacidad para la cual se dimensionó el sistema.

11.4. Cálculo de los Paneles Solares

Como ya se obtuvo la capacidad del banco de baterías, se está en condiciones de calcular la cantidad de paneles solares necesarios para la instalación. Para esto se hará uso de los datos

obtenidos de la irradiación solar diaria promedio de la Ciudad de Latacunga, los cuales son indicados en la Tabla 11. Las mismas que se extrajeron del mapa de insolación global en la que se indican los (Wh/m²/ día).

Tabla 11: Irradiación solar mensual para la ciudad de Latacunga

INSOLACIÓN GLOBAL DEL AÑO 2008.	
Meses	(Wh/m²/ día)
Enero	4750
Febrero	4575
Marzo	4650
Abril	4350
Mayo	4200
Junio	4050
Julio	4350
Agosto	4650
Septiembre	5100
Octubre	4800
Noviembre	5100
Diciembre	4800
Promedio	4614,58

Realizado por: Postulantes

A los datos indicados en la Tabla 11, se le deberán descontar las pérdidas de Radiación por concepto de Orientación e Inclinación de los paneles, junto con las pérdidas por sombras.

Antes de realizar los cálculos, es necesario indicar algunos datos mínimos para realizar el diseño, estos son:

- Latitud : -0.932 Norte
- Longitud: -78.606 Este
- Elevación: 1686 metros

De los valores obtenidos de los mapas de radiación solar por lo general se obtiene el promedio más bajo en todo el año considerando la radiación más crítica aplicada en ese sector, con este factor se procede a determinar la hora solar pico (HSP) que posee una equivalencia de 1000

W/m^2 está constante se la divide para la irradiación solar promedio obtenida con el fin de tener las horas pico de irradiación y por ende la potencia del panel solar.

$$HSP = \frac{\text{Irradiacion Promedio}}{1000 W/m^2} \quad (\text{Ecuación 9})$$

Dónde:

HSP: Hora solar pico [h].

E: Consumo de energía real [Wh].

Reemplazando los valores obtenidos del atlas solar para la irradiación solar y la potencia total instalada. De la Tabla 11 se obtiene los siguientes datos, se considera la insolación global más crítica ya que el sistema es aislado el valor es de 4050 Wh/día, según el Atlas solar con fines de generación eléctrica, ARCONEL.

$$HSP = \frac{4050 \text{ Wh}/m^2}{1000 \text{ vatio}/m^2} = 4,05[h]$$

La potencia del módulo fotovoltaico (P_{mod}) está en función al consumo de la energía real del sistema y las Horas Solares Pico, multiplicado por un factor de 1,25 se calcula aplicando la ecuación 10.

$$P_{mod} = 1,25 \frac{E}{HSP} \quad (\text{Ecuación 10})$$

P_{mod} : Potencia del módulo fotovoltaico [Wp].

Por lo tanto:

$$P_{mod} = 1,25 \frac{983,96}{4,05} = 303,69 [Wp]$$

Conocido las Horas Solares Pico (HSP), las que corresponden a las horas solares equivalentes por día, en base a un nivel de radiación estándar de 1000W/m². Las HSP calculada mediante la aplicación de la ecuación 9, se obtendrá el número de paneles solares por la Ecuación 11:

$$NP = \frac{E}{0,9 * Wp * HPS} \quad (\text{Ecuación 11})$$

Dónde:

NP: Número de paneles solares [Unidad]

E: Consumo de energía real [Wh].

Wp: Potencia pico del panel solar [W].

HSP: Hora solar pico [h].

Donde Wp corresponde a la potencia pico del panel. Para lo cual se considerará un panel de 85 Wp, además se realizará un cálculo para la condición más desfavorable en términos de HSP, es decir, para el mes de junio, lo cual es recomendable para abastecer de energía eléctrica durante todo el año.

Por lo tanto.

$$NP = \frac{303,69Wh}{0,9 * 85Wp * 4,05h} = 3,17 \approx 4 \text{ [Unidades]}$$

Los paneles fotovoltaicos que van a cubrir la potencia requerida por el sistema son de 85 vatios pico de potencia con un total de cuatro paneles solares, que dan una potencia total de 340 en el sistema.

11.5. Cálculo del Controlador de Carga

Para estimar el Controlador de carga necesario en el sistema, se utilizará los datos indicados por el fabricante del panel solar a utilizar, específicamente se centrará en la corriente de cortocircuito (Isc), luego este valor será multiplicado por la cantidad de paneles necesarios para la instalación. Esto se puede observar en la Ecuación 12.

$$I_{max} = I_{sc} * NP \quad \text{(Ecuación 12)}$$

Dónde:

I_{max}: Corriente máxima del controlador de carga (A).

I_{sc}: Corriente de corto circuito del panel solar (A).

NP: Numero de paneles solares Instalados (Unidad)

Por lo tanto:

Para NP=4, Wp=85, Isc=5,06 [A]

Aplicando la ecuación 12 se obtiene la corriente máxima del controlador de carga

$$I_{max} = 5,06(A) * 4 = 20,24 \approx 30[A]$$

Acorde al valor de corriente obtenido se requiere un controlador de carga estándar de 30 Amperios con un nivel de voltaje que va desde los 12 VDC hasta los 60 VDC máximo de corriente continua.

11.6. Cálculo del Inversor de corriente

La potencia del inversor se determina con el valor de la potencia máxima instalada de acuerdo a la planilla del cálculo de la Estimación de Consumos para el laboratorio, de la cual se podrá decir que el máximo consumo instantáneo puede alcanzar los 282 W.

El primer factor es el de reserva que por lo general es el 25 % de la potencia de carga. El segundo factor es el número de veces que se considera la potencia al momento del arranque de cualquier electrodoméstico, llegando a la Ecuación 13 que se detalla a continuación:

$$P_{Inv} = 1,25 * [P_{inst} * 3] [W]. \quad (\text{Ecuación 13})$$

Dónde:

P_{Inv}: Potencia del inversor de corriente [W].

P_{inst}: Potencia Instalada en el sistema [W].

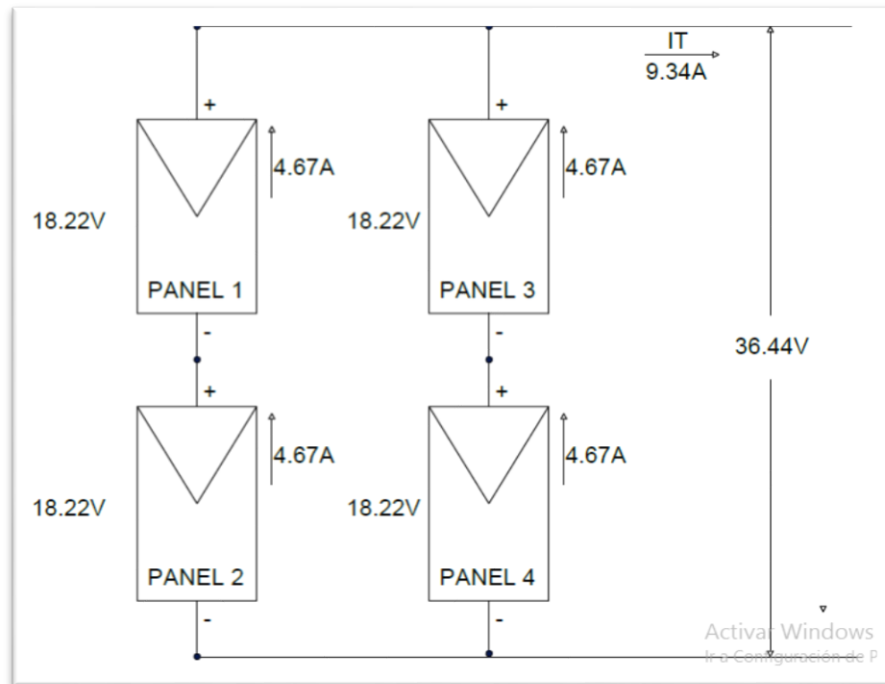
Por lo tanto reemplazando los valores en la ecuación 13 se obtendrá la potencia del inversor de corriente.

$$P_{Inv} = 1,25 * (282W * 3) = 1057.5[W] \approx 1500 [W]$$

Se determinó la utilización de un inversor existente en el mercado de 1500 W de potencia los parámetros de conversión de energía con de 24 V de corriente continua a 110 V de corriente alterna

11.7. Conexión de los paneles fotovoltaicos

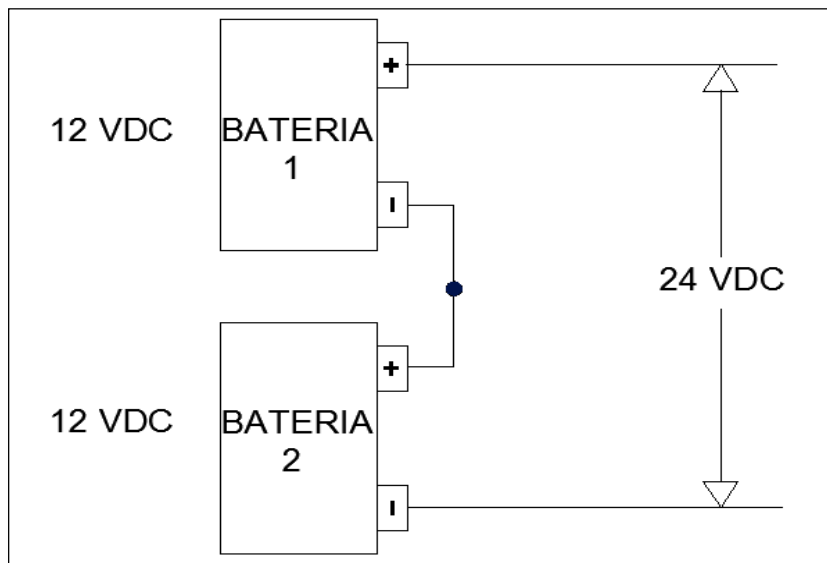
Los paneles fotovoltaicos se encuentran conectados en serie y paralelo como se puede apreciar en la figura 13, en la cual se ve los valores de voltaje y corriente obtenidos por la configuración de conexión de los paneles.

Figura 13: Diagrama de conexión de los paneles Fotovoltaicos

Realizado por: Postulantes

11.8. Conexión de las baterías de descarga profunda

Las baterías de descarga profunda AGN se encuentran conectadas en serie, con el fin de obtener un voltaje de corriente continua de 24 V, como se puede apreciar en la figura 14, en la cual se ve los valores de voltaje obtenidos por la configuración de conexión de las baterías.

Figura 14: Diagrama de conexión de las baterías de descarga profunda AGN.

Realizado por: Postulantes

11.9. Elección de los equipos

Ahora que ya se ha dimensionado el sistema, se deben elegir los equipos necesarios para realizar la instalación, estos son indicados en la Tabla 12 en la que se muestra el resumen para el sistema completo.

Tabla 12: Equipos del sistema Fotovoltaico

Ítem	Equipo	Descripción	Capacidad	Unidad	Cantidad
1	Paneles FV	De acuerdo a las condiciones del diseño del sistema se utilizaron paneles de una potencia de 85 Wp	85	Wp	4
2	Regulador	El regulador de sobrecarga deberá soportar una intensidad de corriente máxima de 30 A	30	A	1
3	Baterías	Banco de baterías, 100 Ah, 12 VDC, selladas.	100	Ah	2
4	Inversor	El inversor de tensión deberá soportar una potencia instantánea máxima de 1500 W	1500	W	1

Realizado por: Postulantes

11.10. Selección de protecciones y calibre de conductores

11.10.1. Calibre de conductor

La correcta selección del calibre de los conductores nos va a permitir que los equipos tengan un correcto funcionamiento, mejorando el rendimiento y la fiabilidad del sistema, prever que se presente situaciones de riesgo.

- Para las conexiones entre cada uno de los componentes del sistema los cables deben ser resistentes a la humedad y deben de estar aislados de la intemperie, en este caso el THHN es aislada con una capa uniforme de material cloruro de polivinilo (PVC) resistente a la humedad y al calor, sobre la cual se aplica una cubierta protectora de Nylon.

11.10.2. Caída de voltaje

Para el cálculo de caída de voltaje en el cable, utilizaremos la siguiente fórmula:

$$\Delta V = 2 * I * \rho * \left(\frac{L}{S}\right) \quad (\text{Ecuación 14})$$

L = Longitud del cable [m].

S = Sección del cable [mm²]

ρ = Resistividad del cable [Ω·mm²·m⁻¹]. Rho. Para un cable de cobre, es de 0.0172

I = Intensidad [A]

El porcentaje de caída de voltaje admisible (el 1%, 3%, 5% del voltaje del sistema 12, 24 voltios).

Así, si tenemos un cableado de 50 m, tomando en consideración el suministro de corriente total de los paneles fotovoltaicos 9.34 A, con un cable de alimentación de dos conductores de conducción de fase y dos del negativo por ende la corriente por cada fase es de 4.67 A, de 8.34 mm² de sección, la caída de voltaje es:

$$\Delta V = 2 * 4.67(A) * 0.0172\Omega * (\text{mm}^2 \cdot \text{m} - 1) * \left(\frac{50(\text{m})}{8.34(\text{mm}^2)}\right) = 0.963[V]$$

El calibre del conductor que se va a utilizar para el cableado desde los paneles fotovoltaicos hacia el controlador de carga es el número 8 AWG con el cual obtenemos una caída de voltaje de 2.64% el mismo que no sobrepasar los límites de caída de voltaje en corriente continua.

Para la selección del calibre de los conductores se consideró los valores que basan en la siguiente Norma Ecuatorial de Construcción capítulo 15 (NEC-10).

Para realizar los cálculos y la selección de las protecciones, como el calibre del conductor a utilizar, se procedió a calcular la corriente que circulará por cada uno de los elementos del sistema fotovoltaico, para la selección del conductor se consideró también que la caída de voltaje no supere los límites establecidos anteriormente mencionados, como podemos observar en la tabla 13.

Tabla 13: Selección del calibre de conductores

Circuito	Corriente de corto circuito [A]	125% Corriente corto circuito [A]	Protección [A]	Calibre Seleccionado mm2 [AWG]	Tipo de cable
Paneles Solares	20,24	25,3	30(F)	3,31(12)	THHN
Paneles Solares a Regulador de Carga	20,24	25,3	30(F)	4C 8,34(8)	THHN
Regulador de carga a Banco de Baterías	20,24	25,3	30(F)	3,31(12)	THHN
Regulador de Carga a Inversor de Corriente	62,5	78,125	80(F)	2C 8,34(8)	THHN
Inversor a Carga	13,63	17,0375	20	3,31(12)	THHN

Realizado por: Postulantes

11.11. Consideraciones para la instalación de un sistema solar fotovoltaico

Para la instalación de los Paneles Fotovoltaicos hay que tener en consideración las siguientes condiciones:

11.11.1. Estructura del soporte

Es muy importante tener el conocimiento sobre los tipos de generación de energía alternativa así como la instalación de sus elementos, la instalación los paneles solares fotovoltaicos.

- La estructura donde van a ser montados los paneles debe tener el ángulo correcto de inclinación con relación al calendario solar.
- La estructura metálica debe ser de un material resistente a la corrosión, se recomienda el acero galvanizado y de aluminio, sin embargo por costos se elabora con material de hierro negro y acabado en pintura anticorrosiva.
- La estructura debe ser conectada a tierra

Existen varios tipos de estructuras para los paneles fotovoltaicos, y dependen del lugar donde van a estar instalados.

11.12. Sistema de baterías

El banco de baterías debe estar protegido por el controlador de carga. Estos dos elementos se encuentran protegidos del medio ambiente es decir que se encuentran ubicados en el interior del laboratorio de energías renovables.

En Tabla 14 se describe los parámetros de las baterías del sistema fotovoltaico:

Tabla 14: Parámetros técnicos de la batería

Parámetro Técnico	Modelo: 6GFM100
Carga de voltaje constante	
Uso de ciclo	14.1-14.4 V (25°C)
Uso de espera	13.5-13.9 V (25°C)
La corriente inicial inferior a	30 [A]
Amperios Hora	100 [Ah]

Realizado por: Postulantes

La batería está colocada sobre una base metálica hecha a un Angulo de 1” para que se asiente en la misma y no esté en el piso.

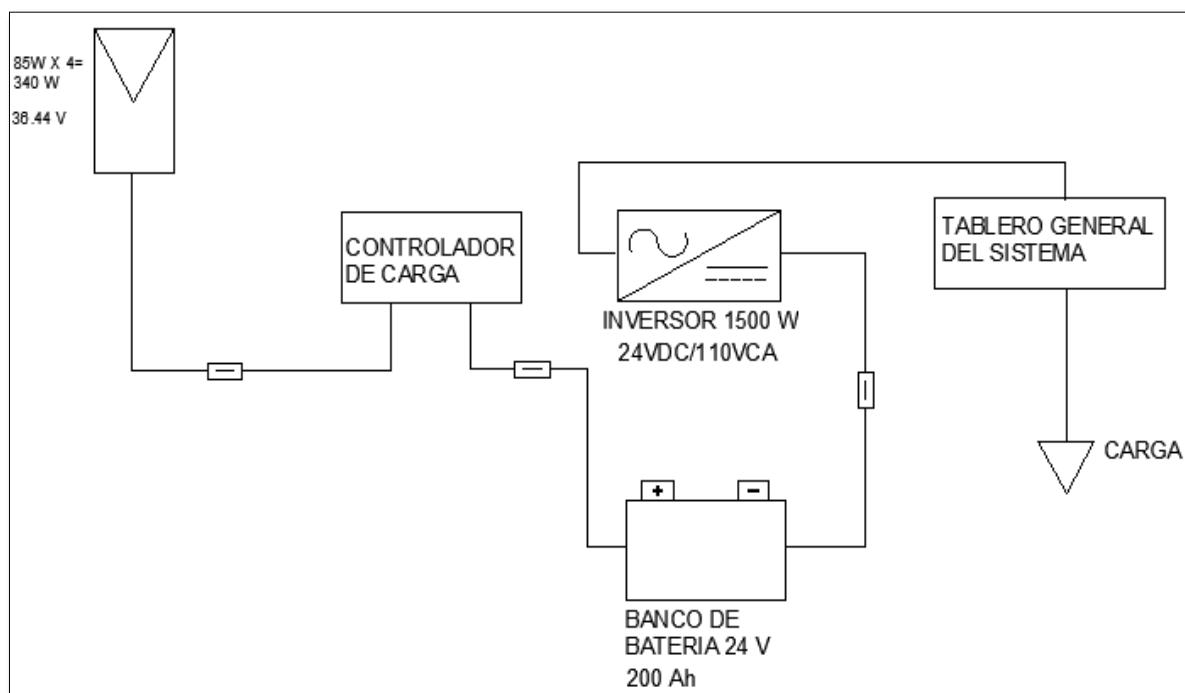
Se recomienda realizar el mantenimiento cada cierto tiempo a la batería, es decir: limpie la suciedad de los bornes, evitar que personas que no pertenezcan a la institución se acercan a la misma para que no se produzcan accidentes, a los controladores también se recomienda que se los limpie para evitar que se sulfaten y puedan dar un mejor servicio.

11.13. Montaje de paneles fotovoltaicos sobre las estructuras de soporte

Las estructuras para soportar los paneles solares deben ser metálicas (de acero inoxidable) o de aluminio, para evitar la corrosión.

- Los paneles se sujetan a las estructuras utilizando pernos y tuercas 3/16 x1/2” con anillos planos y de presión.
- Si el panel y el marco de la estructura son del mismo material, hay que aislarlos.

En la figura 15 se indica el esquema general del montaje del sistema fotovoltaico

Figura 15: Esquema general del sistema fotovoltaico

Realizado por: Postulantes

A continuación se muestra en la figura 16 de cómo es el montaje de los paneles en el sitio designado.

Figura 16: Estructura que soporta los paneles fotovoltaicos.

Realizado por: Postulantes

La estructura que soporta al panel fotovoltaico debe quedar firme ya sea en piso o en el techo de la vivienda mediante el tipo de fijación utilizada para este caso.

Cuando la estructura se instala en el piso, se debe hacer una base de hormigón y construir un pilar para que soporte el tubo que contiene la estructura y el panel fotovoltaico.

Por el costo de estos paneles se recomienda que deben quedar lo más seguro posible, para evitar su fácil desmontaje, por este motivo se recomienda que sean colocados en alguna parte alta y de esta manera aprovechamos al máximo la radiación solar.

11.14. Ubicación de los paneles fotovoltaicos

Para instalar los paneles fotovoltaicos, se escogió un lugar despejado donde no exista, árboles o lugares que le provoque sombra al panel, por tal motivo se ubicó en la terraza de la garita del guardia como se puede apreciar en la figura 17.

Figura 17: Ubicación de los paneles fotovoltaicos.



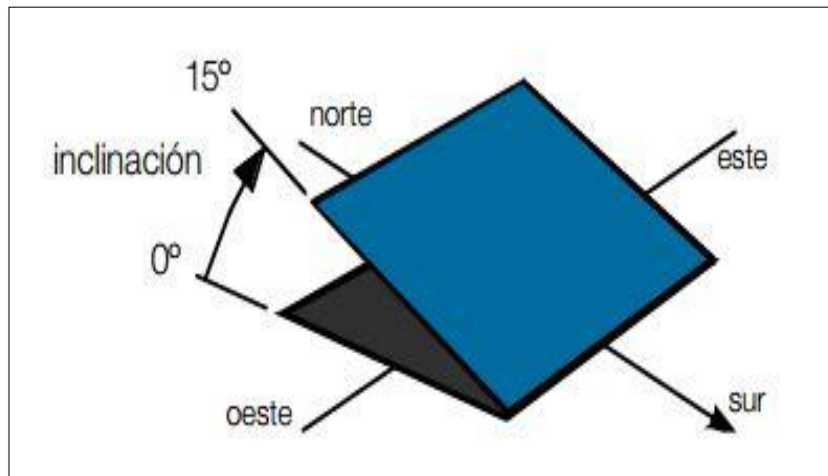
Realizado por: Postulantes

11.15. Orientación e Inclinación de los paneles Solares

Para que nuestros paneles fotovoltaicos operen al máximo, se recomienda que los paneles solares se encuentren dirigidos al norte por motivo que el país forma parte del hemisferio sur, aunque también en días nublados el panel generará electricidad, la orientación de los paneles solares es muy importante. Entre más radiación solar reciban durante todo el día más eficientes serán. (Sebastian, 2013)

Ya que Latacunga está cercana a la línea del Ecuador, cuya latitud es de cero grados, se colocará el panel con poca inclinación con un máximo de 15° , para que el agua lluvia haga el trabajo de limpieza y también evitar la acumulación de polvo. En la figura 18 se muestra un esquema de la orientación e inclinación de la misma.

Figura 18: Orientación de los paneles solares



Fuente: (Sebastian, 2013)

11.16. Puesta a tierra

La puesta a tierra se realizó con una varilla Cooperweld de 5/8 pg por 1.8 m de longitud, se aterrizó la estructura de los paneles solares, el conductor que se utilizó para conectar es un cable THHN de calibre numero 10 AWG, como se puede ver en la figura 19.

El valor medido de la puesta a tierra es 18 OHMIOS, que es menor a 25 ohm que establece la norma (NEC-10).

Figura 19: Puesta a tierra



Realizado por: Postulantes

12. IMPACTOS (TÉCNICOS, SOCIALES, AMBIENTALES O ECONÓMICOS SEGÚN SEA EL CASO):

En base a la implementación del proyecto de paneles solares en el laboratorio de energías renovables, se tomará en cuenta los siguientes impactos que se generarán al realizar el proyecto de titulación mencionado anteriormente, y se detallan a continuación:

12.1. Impacto Tecnológico

Dotar un laboratorio con el uso de energía renovable, busca que en los futuros estudiantes tomen como iniciativa la realización de estos proyectos ya que es innovador y verificar la eficiencia del uso de este recurso, para con el tiempo no depender de energías no renovables, contaminantes que se utilizan con mayor magnitud en la actualidad.

12.2. Impacto Ambiental

Con la implementación del laboratorio de energía renovable con el principio de funcionamiento con utilización de paneles solares se podrá aportar al cuidado del medio ambiente, por lo que este principio de energía es pura y limpia.

12.3. Impacto Económico

Implementar este tipos de proyectos en base a el uso de paneles solares provoca una inversión económica alta dependiendo la carga que se quiera abastecer, pero a largo plazo lo invertido generará ahorro.

13. VALORACIÓN ECONÓMICA Y/O PRESUPUESTO PARA IMPLEMENTAR LA PROPUESTA DEL PROYECTO

13.1. Recursos Financieros

13.1.1. Costos Directos.

Son aquellos que pueden identificarse directamente con un objeto de costos, sin necesidad de ningún tipo de reparto. Los costos directos se derivan de la existencia de aquello cuyo costo se trata de determinar, sea un producto, un servicio, una actividad, en nuestro caso los materiales directos y la mano de obra directa que se designó para la implementación del sistema fotovoltaico. Como se detalla en la las tablas 15 y 16 respectivamente, los costos de los equipos y materiales utilizadas en desarrollo del proyecto

13.1.1.1. Equipos Del Sistema Fotovoltaico.

Tabla 15: Costos directos de los equipos del sistema fotovoltaico.

EQUIPOS DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO			
Cantidad	Elemento	Costo p/u	Costo total INCLUIDO IVA
1	Controlador MORNINGSTAR EcoPulse 30M	180,00	180,00
1	Inversor ZONHAN 1500 W /24 VDC	290,00	290,00
2	Batería Volta AGM 100 Ah 12 VDC	250,00	500,00
SUBTOTAL			970,00
IVA 12%			116,40
TOTAL			\$ 1086,40

Realizado por: Postulantes

13.1.1.2. Materiales Utilizados en el Sistema Fotovoltaico.

Tabla 16: Costos directos de los materiales eléctricos.

MATERIALES ELÉCTRICOS				
ÍTEM	CANT	DESCRIPCIÓN	V. UNITARIO	V. TOTAL
1	1	Breaker de riel SH201L 1 polo 16 A	5,49	5,49
2	2	Breaker de riel SH201L 1 polo 20 A	5,49	10,98
3	3	Bornera fisible U1 4-hesi Phoenix contact	7,61	22,83
4	1	Cajetín dexion 40 mm blanco	1,66	1,66
5	1	Toma cooper polarizado blanco 270 w	0,675	0,675
6	1	Placa cooper ovalada blanca 2132 w	0,36	0,36
7	1	Caja plástica EBASEE 30x25x12 cm	14,65	14,65
8	1	Varilla Magnet 5/8 x1.80 m cooperwell	4,98	4,98
9	1	Conector intelli 5/816 varilla	1,05	1,05
10	1	Riel din INT	1,8	1,8
11	15	Manguera negra 1"	0,036	0,54
12	1	Enchufe cooper polarizado 4867	1,86	1,86
13	1	Base de triplex 80x60	6,5	6,5
14	220	Conductor de Cu THHN N. 8	1,05	231
15	1	Tubo EMT de ½"x 3m	3,45	3,45
16	20	Conductor de Cu THHN N. 12	0,55	11
17	1	Varios	383,33	33,35
SUBTOTAL				352,18
IVA 12%				42,26
TOTAL				394,44

Realizado por: Postulantes

13.2. Costos indirectos

Son aquellos costos cuya identificación con un objeto de costos específico es muy difícil, o no vale la pena realizarla. Para imputar los costos indirectos a los distintos departamentos, productos o actividades, es necesario, normalmente, recurrir a algún tipo de mecanismo de asignación, distribución o reparto. Los costos comunes a varios productos, o costos conjuntos, reciben también el tratamiento de costos indirectos.

En la tabla 17 se describe los costos indirectos requeridos para realizar el proyecto.

Tabla 17: Costos directos del sistema Fotovoltaico.

COSTOS INDIRECTOS		
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	VALOR(USD)
1	Transporte de materiales	100,00
2	Alimentación	120,00
3	Imprevistos	100,00
4	Anillado y empastados	100,00
TOTAL		\$ 420,00

Realizado por: Postulantes

En la tabla 18 se resume el presupuesto estimado del proyecto, diseño e implementación de un sistema solar fotovoltaico en la misma que están incluidos costos directos, indirectos, que se detallan a continuación:

Tabla 18: Resumen del costo total del proyecto

COSTOS TOTAL DEL PROYECTO		
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	VALOR(USD)
1	COSTOS DIRECTOS	1518,70
2	COSTOS INDIRECTOS	420,00
TOTAL		\$ 1938.70

Realizado por: Postulante

14. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

14.1. Conclusiones

- Este sistema fotovoltaico cubrirá una potencia instalada de 282 W y la energía total a consumir es de 828 Wh/día, esta energía es generada por cuatro paneles solares cada uno es 85 W de potencia.
- Realizado los cálculos del dimensionamiento del sistema fotovoltaico los equipos instalados son un controlador de carga de 30A, dos baterías de tipo AGM de 100(Ah) y un inversor de corriente de 1500W, el nivel de voltaje a la que funcionan estos equipos es de 24 CDV.
- Los paneles fotovoltaicos me genera un voltaje de 35.1 VDC con una corriente de 9.1A y el voltaje que tenemos en la batería es de 27.4 VDC este voltaje es la que alimenta al controlador para que entre en funcionamiento en controlador de carga.
- Con la implementación de dos baterías de 100Ah, 12VDC se tendrá un día de autonomía de sistema sin que me generen energía los módulos fotovoltaicos.
- Mediante la implementación del controlador de carga (MORNINGSTAR EcoPulse 30M) se logra un proceso de generación fotovoltaico eficiente, además que ofrece la visualización de los parámetros de voltaje y corriente del sistema para el monitoreo de la misma.

14.2. Recomendaciones

- Si a futuro se desea incrementar la carga y energía de consumo en laboratorio se debe de instalar unos dos módulos solares de las mismas características de las ya existentes ya que todos los equipos instalados están sobredimensionados en un 25%.
- Se deberá realizar un mantenimiento periódico a los módulos fotovoltaicos ya que se encuentran a la intemperie y se acumula polvo en los paneles y disminuyendo la capacidad de captación de energía solar y por ende su vida útil.

- Se debe verificar que los valores de voltaje de circuito abierto en los paneles solares (Voc) y la corriente de carga no excedan los parámetros del controlador que está instalado.
- Antes de conectar la batería se debe proceder a medir el voltaje del circuito abierto cuyo valor debe de estar por encima de los 10 V para arrancar el controlador. Con la desconexión de la batería abierta, conecte los cables [+] y [-] de la batería desde esta última al controlador.
- Se debe solamente desconectar la batería desde el controlador de carga que de no hacerlo de esa forma se corre el riesgo de que el controlador sufra algún daño.

15. BIBLIOGRAFÍA




- Abella, M. A. (11 de Octubre de 2017). *Sistemas Fotovoltaicos*. Madrid, España.
- Abril, V. H. (10 de Abril de 2007). *vhabril*. Obtenido de <http://files.seminario-de-investigacion.webnode.es/2000000008-8728c89043/M%C3%A9todos%20de%20la%20Investigaci%C3%B3n%20-%20Abril%20PhD.pdf>
- Alvarez, J. (Marzo de 2004). *Niveles de Investigación*. Obtenido de Tipos y Niveles de Investigación: http://losteqes.ucab.edu.ve/Profesorado/alvarez_juan/mipagina/archivosweb/metodologia.htm
- Arenas Sanchez, D. A., & Castaño Zapata, H. S. (27 de 10 de 2011). *LIBRO INTERACTIVO SOBRE ENERGIA SOLAR Y SUS APLICACIONES*. Obtenido de <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/handle/11059/2369/62131244A681.pdf?sequence=1>
- Blog de Cemaer. (24 de Julio de 2014). *Paneles solares Ventajas y desventajas*. Obtenido de Paneles solares Ventajas y desventajas: <http://www.gstriatum.com/energiasolar/blog/2014/07/24/tipos-de-paneles-solares-ventajas-y-desventajas/>
- Collado, E. (13 de Julio de 2015). *Energías Renovables*. Obtenido de Los efectos de la temperatura en la producción de las instalaciones fotovoltaicas: <https://www.energias-renovables.com/fotovoltaica/los-efectos-de-la-temperatura-en-la-20150713>



- Comercialsolar . (26 de Noviembre de 2015). *COMO DIMENSIONAR LAS BATERÍAS PARA UNA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA*. Obtenido de COMO DIMENSIONAR LAS BATERÍAS PARA UNA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA:
<http://www.comercialsolar.es/blog/dimensionar-baterias-para-una-instalacion-fotovoltaica/>
- Comilight. (22 de Agosto de 2016). *Niveles de Iluminacion Recomendados*. Obtenido de [//www.noao.edu/education/QLTkit/es/Safety_Activity_Poster/LightLevels_outdoor+indoor_es.pdf](http://www.noao.edu/education/QLTkit/es/Safety_Activity_Poster/LightLevels_outdoor+indoor_es.pdf)
- Consejo Nacional de Electricidad. (Agosto de 2008). *Atlas Solar del Ecuador con fines de Generacion Electrica*. Recuperado el Agosto de 2017, de <http://biblioteca.olade.org/opac-tmpl/Documentos/cg00041.pdf>
- Construmatica. (30 de Marzo de 2012). *Radiación Solar*. Obtenido de http://www.construmatica.com/construpedia/Radiaci%C3%B3n_Solar
- Energia Solar. (14 de Mayo de 2015). *Energia Solar*. Obtenido de Controlador de carga: <https://solar-energia.net/definiciones/controlador-de-carga.html>
- Energiza. (5 de 10 de 2017). *Energiza*. Obtenido de Panel Fotovoltaico: <http://www.energiza.org/solar-fotovoltaica/22-solar-fotovoltaica/627-paneles-fotovoltaicos-concepto-y-tipos>
- Enriquez, D. E. (16 de Octubre de 2011). *Tecnologia Una Mirada Hacia el Futuro*. Obtenido de ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA: <http://enriquezdiego.blogspot.com/2011/10/energia-solar-fotovoltaica.html>
- Fuentes, M. L. (23 de Agosto de 2013). *Fisica Futuro*. Obtenido de Fisica Futuro: <http://fisicafuturo.blogspot.com>
- Garcia Fernandez, J. (7 de Septiembre de 2013). *Calculo de Instalaciones de Alumbrado*. Obtenido de Calculo de Instalaciones de Alumbrado: <http://recursos.citcea.upc.edu/llum/interior/iluint2.html>
- Grajales, T. (Mayo de 2002). *Los Tipos o clases de Investigación*. Obtenido de <http://tgrajales.net/investipos.pdf>
- Ingelibre. (9 de Noviembre de 2014). *Influencia de la irradiación y temperatura sobre una placa fotovoltaica*. Obtenido de <https://ingelibreblog.wordpress.com/2014/11/09/influencia-de-la-irradiacion-y-temperatura-sobre-una-placa-fotovoltaica/>


- Juárez, A. S. (1 de Noviembre de 2011). *Electronica, linternas marinas y sistemas fotovoltaicos*. Obtenido de Modulos y arreglos fotovoltaicos: <http://slideplayer.es/slide/1078130/>
- Jutglar. (2004). *Energia Solar*. España: Ceac.
- Krannich. (5 de Octubre de 2017). *Krannich*. Obtenido de FOTOVOLTAICA AISLADA: <https://es.krannich-solar.com/es/autoconsumo/fotovoltaica-aislada.html>
- Mario Arrieta Paternina, L. C. (Enero-Junio de 2012). *Diseño de prototipo de sistema solar fotovoltaico optimizando el ángulo de inclinación de los paneles solares*. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4212357.pdf>
- Moreno, R. P. (17 de Diciembre de 2012). *Energías renovables y limpias: solar, eólica, geotérmica, hidráulica, mareomotriz*. Obtenido de Explicación sencilla de ¿cómo funciona un panel o placa solar fotovoltaica?: <http://energias-renovables-y-limpas.blogspot.com/2012/12/como-funciona-un-panel-solar-fotovoltaico.html>
- Nasa Langley ASDC User. (12 de 8 de 2017). *Atmospheric Science Data Center*. Obtenido de NASA Surface meteorology and Solar Energy: <https://eosweb.larc.nasa.gov>
- Perez, D. O. (Noviembre de 2009). Análisis de un Sistema de Iluminación, Utilizando Ampolletas de bajo consumo y alimentado por Paneles Fotovoltaicos. Valdivia, Valdivia, Chile.
- rannich. (s.f.). Obtenido de <https://es.krannich-solar.com/es/autoconsumo/fotovoltaica-aislada.html>
- Roitbarg, A. (25 de 8 de 2017). *Sistema de puesta a tierra*. Obtenido de <http://www.monografias.com/trabajos68/sistema-puesta-tierra/sistema-puesta-tierra.shtml>
- Sebastian, E. (4 de Octubre de 2013). *Inclinacion de paneles solares en America Latina*. Obtenido de <http://eliseosebastian.com/>
- Simec Chile SRL. (2010). Sistemas de iluminacion de bajo consumo, utilizando paneles fotovoltaicos. Valdivia, Chile.
- Tecnología y materiales sustentables, S.A. de C.V. (10 de Septiembre de 2013). *Sistema fotovoltaico aislado*. Obtenido de <https://www.tmsmx.com/informacion/sistema-fotovoltaico/aislado/itemlist/user/331-tms>
- Webcindario. (5 de 10 de 2017). *Webcindario*. Obtenido de Sistemas Fotovoltaico: <http://antusol.webcindario.com/sistemafotovoltaico.html>

16. ANEXOS

ANEXOS




ANEXO 1		DATOS GENERALES DEL CONTROLADOR DE CARGA	
INGENIERÍA EN ELÉCTRICA FICHA DE EQUIPO N°.1 DATOS GENERALES DEL CONTROLADOR DE CARGA			
NOMBRE:	CONTROLADOR DE CARGA SOLAR ECOPULSE	UBICACIÓN	
PROCEDENCIA :	USA	SECCIÓN:	SISTEMA FOTOVOLTAICO
FABRICANTE:	Morningstar	CÓDIGO:	S/N
MODELO:	EcoPulse EC-30/M	LARGO (mm):	160
MARCA:	Morningstar	ANCHO (mm):	110
SERIE:		PROFUNDIDA D: (mm)	52
RESUMEN DE ESPECIFICACIONES DEL CONTROLADOR DE CARGA			
	VOLTAJE DE LA BATERÍA NOMINAL	12/24 V	
	VOLTAJE MÁXIMO DEL CIRCUITO DE ENERGÍA FOTOVOLTAICA	60V	
	CORRIENTE MÁXIMA DE CARGA DE BATERÍA	30A	
	CORRIENTE DE CARGA NOMINAL	30A	
 <div style="text-align: center;"> UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI 2017 </div>			

ANEXO 2		ESPECIFICACIONES INVERSOR DE CORRIENTE	
INGENIERÍA EN ELÉCTRICA			
FICHA DE EQUIPO N.º 2			
DATOS GENERALES DEL INVERSOR DE CORRIENTE			
NOMBRE:	INVERSOR DE CORRIENTE	UBICACIÓN	Laboratorio de Energías Renovables
PROCEDENCIA :	CHINA	SECCIÓN:	SISTEMA FOTOVOLTAICO
FABRICANTE:	ZOHNHAN	CÓDIGO:	S/N
MODELO:	TW-1500-24V	LARGO (mm):	340
MARCA:	ZOHNHAN	ANCHO (mm):	160
SERIE:	N/A	PROFUNDIDA D: (mm)	90
		Peso(kg)	2.6kg
Resumen de Especificaciones del Inversor de corriente			
	Potencia continua	1500	
	Potencia pico	300	
	Frecuencia de Salida	60Hz +- 0.1%	
	Voltaje de Salida AC	100V	
	Voltaje DC de entrada	24V	
	Rango de voltaje DC	21.6V-31V	
	Eficiencia máxima	90%	

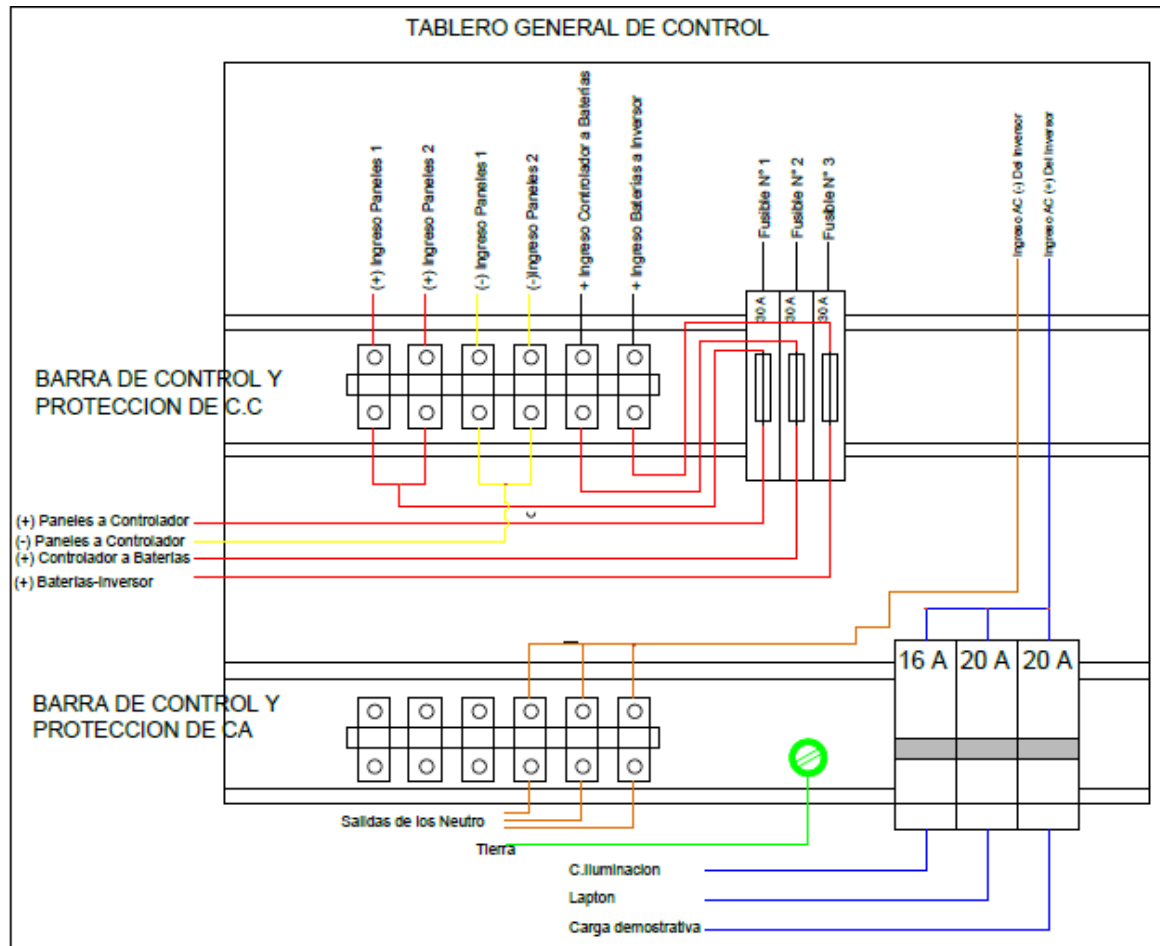


UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

2017

ANEXO 3		DATOS GENERALES DEL PANEL SOLAR	
INGENIERÍA EN ELÉCTRICA FICHA DE EQUIPO N°.3 DATOS GENERALES DEL PANEL SOLAR			
NOMBRE:	PANEL SOLAR	UBICACIÓN	
PROCEDENCIA :	USA	SECCIÓN:	SISTEMA FOTOVOLTAICO
FABRICANTE:	N/A	CÓDIGO:	S/N
MODELO:	LYN-85S5	LARGO (mm):	
TIPO	Monocristalina	ANCHO (mm):	
SERIE:	53011211190022	PROFUNDIDA D: (mm)	
RESUMEN DE ESPECIFICACIONES DEL CONTROLADOR DE CARGA			
	Potencia Máxima	85Wp	
	Corriente de Corto Circuito	5.06A	
	Voltaje en circuito Abierto	21.96V	
	Corriente en el Primario	4.67A	
	Voltaje en el Primario	18.22V	
 <div style="text-align: center;"> UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI 2017 </div>			

Para poner en operación el sistema Fotovoltaico se debe de realizar las siguientes maniobras en el tablero de control TCF-01.



1. Verifique que el mayor voltaje en circuito abierto de los paneles solares no exceda los 60(V) y que la corriente de carga no supere los 30(A) conectados al sistema Fotovoltaico.
2. Antes de conectar la batería, mida el voltaje del circuito abierto. Debe de estar ´por encima de los 10(V) para arrancar el controlador. Con la conexión de la batería en circuito abierto, conecte los cables (+) y (-) de la batería desde esta última al controlador.
3. Abrir el Breaker o Fusible de la línea que alimenta a la carga ya que para iniciar el sistema Fotovoltaico las cargas deben de estar desconectadas.
4. Para el encendido y verificación de la operación del sistema realiza las siguientes maniobras.
 - Cierre el fusible N°2 de la batería para poner en marcha el procesador y activar las

protecciones del controlador.

- Posteriormente proceda a cerrar el fusible N°1 de la línea de los paneles solares fotovoltaicos.
 - Cerrar el fusible N°3 de la línea de las baterías hacia el inversor y posterior a eso encender en inversor de corriente.
 - Cerrar el Breaker de la carga, y encender las cargas para confirmar el encendido de cada uno de los elementos conectados como cargas del sistema, para verificar que la conexión sea la adecuada.
5. Para apagar el sistema y que no tengamos daños, se debe realizar el apagado en el orden inverso al del encendido

ADVERTENCIA: Riesgo de daño.

Solamente desconecte la batería desde el controlador de carga EcoPluse después de que la entrada solar se haya desconectado. Ya que se puede dañar el controlador si la batería se retira mientras el controlador de carga se está cargando.

ANEXO 5	Inspección y Mantenimiento
A continuación se indica la agenda recomendada de mantenimiento para que el controlador de carga permanezca en condiciones óptimas.	
Agenda	Artículos de Mantenimiento
2 semanas después de la Instalación	Vuelva a fijar cada una de las conexiones en los terminales de cada uno de los equipos y verifique que los parámetros sean los mismo del sistema instalado inicialmente.
3 meses después de la Instalación	<p>Vuelva a fijar cada una de las conexiones en los terminales de cada uno de los equipos y verifique que los parámetros sean los mismo del sistema instalado inicialmente.</p> <p>Realiza una inspección de los módulos fotovoltaico para verificar que no hayan sufrido daños ya que se encuentran a la intemperie y realice la limpieza de las mismas.</p>
Mensualmente o después de cada ecualización	Lleve a cabo una inspección del banco de baterías. Compruebe que no existen grietas y protuberancias en las cajas ni corrosión en las terminales.
Anualmente	<p>Realice una inspección del cableado para comprobar que no haya daños ni deterioros.</p> <p>Compruebe que no haya nidos de insectos.</p> <p>Vuelva a fijar cada una de las conexiones en los terminales de cada uno de los equipos y verifique que los parámetros sean los mismo del sistema instalado inicialmente.</p> <p>Haga una inspección del sistema de conexión a tierra de todos los componentes. Verifique que todos los conductores de conexión a tierra estén conectados a tierra adecuadamente.</p> <p>Realiza una inspección de los módulos fotovoltaico para verificar que no hayan sufrido daños ya que se encuentran a la intemperie y realice la limpieza con un trapo limpio y seco.</p>

2.0 INFORMACIÓN GENERAL

2.1 Características

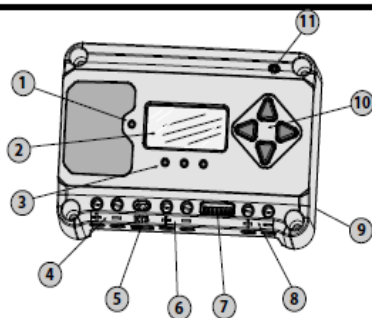


Figura 2.1. Características de EcoPulse

- 1 - Estado de carga/Error LED
- 2 - Pantalla del medidor (opcional)
- 3 - Indicadores de falla LED/Estado de la batería
- 4 - Terminales solares positivas y negativas
- 5 - Terminales del sensor remoto de temperatura (RTS)
- 6 - Terminales de batería positivas y negativas
- 7 - Interruptores DIP
- 8 - Terminales de carga positivas y negativas
- 9 - Disipador térmico
- 10 - Botones direccionales del medidor
- 11 - Sensor local de temperatura

3.0 INSTALACIÓN

3.1 Notas generales de instalación

- Lea detenidamente la sección de instalación antes de comenzar con la misma.
- No lo instale en lugares donde el agua pueda entrar al controlador.
- Las conexiones eléctricas sueltas y/o los cables corroidos pueden resultar en conexiones resistivas que derritan el aislamiento del cable, quemen los materiales circundantes o incluso provoquen incendios. Asegúrese de que las conexiones estén fijas.
- Para una vida útil de larga duración, evite las temperaturas extremas y entornos marítimos.



ADVERTENCIA: El sistema requiere de fusibles solares y baterías o breakers de corriente continua. Estos dispositivos de protección son externos al controlador EcoPulse y deben mantenerse a un máximo de 15 A para el EcoPulse-10/M, 30 A para el EcoPulse-20/M y 40 A para el EcoPulse-30/M.



ADVERTENCIA: Se debe determinar el amperaje del cable para cada uno de los breakers, ya que estos pueden requerir un tamaño de breaker menor al máximo que indicado anteriormente.



ADVERTENCIA: Los índices mínimos de interrupción del dispositivo de protección de sobrecorriente deben ser de 2000 A para sistemas de 12 V y de 4000 A para sistemas de 24 V.

2.2 Accesorios opcionales

El siguiente accesorio se encuentra disponible para comprar por separado con su distribuidor autorizado de Morningstar:

Sensor remoto de temperatura (modelo: RTS)

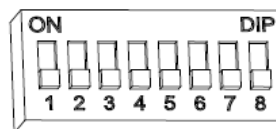
El RTS mide la temperatura de la batería para compensar adecuadamente la temperatura y se recomienda utilizarlo cuando la temperatura ambiente de la batería difiere de la temperatura ambiente del controlador por +/- 5°C o más. Al instalarlo, el EcoPulse automáticamente utilizará el RTS para compensar la temperatura de la batería.



NOTA: Observe cuidadosamente los interruptores LED después de cada conexión. Las luces LED indican si se cuenta con la polaridad adecuada y una conexión segura.

3.2 Configuración

El bloque de interruptores DIP que se muestra a continuación se usa para ajustar los parámetros de operación para el EcoPulse.



Interruptor 1: Control de iluminación

Con el bloque DIP 1 encendido, una luz conectada a las terminales de carga estará encendida desde el amanecer hasta el anochecer.

Interruptores 2 y 3: Voltaje del sistema

Se encuentran disponibles tres (3) configuraciones de voltaje de sistema como se indica en la siguiente tabla:

Voltaje del sistema	Interruptor 2	Interruptor 3
Auto	APAGADO	APAGADO
12	APAGADO	ENCENDIDO
24	ENCENDIDO	APAGADO

NOTA: Antes de conectar la batería, mida el voltaje del circuito abierto. Debe estar por encima de los 10 V para arrancar el controlador. (cont.)

3.0

INSTALACIÓN

3.1 Notas generales de instalación

- Lea detenidamente la sección de instalación antes de comenzar con la misma.
- No lo instale en lugares donde el agua pueda entrar al controlador.
- Las conexiones eléctricas sueltas y/o los cables corroídos pueden resultar en conexiones resistivas que derritan el aislamiento del cable, quemen los materiales circundantes o incluso provoquen incendios. Asegúrese de que las conexiones estén fijas.
- Para una vida útil de larga duración, evite las temperaturas extremas y entornos marítimos.



ADVERTENCIA: El sistema requiere de fusibles solares y baterías o breakers de corriente continua. Estos dispositivos de protección son externos al controlador EcoPulse y deben mantenerse a un máximo de 15 A para el EcoPulse-10/M, 30 A para el EcoPulse-20/M y 40 A para el EcoPulse-30/M.



ADVERTENCIA: Se debe determinar el amperaje del cable para cada uno de los breakers, ya que estos pueden requerir un tamaño de breaker menor al máximo que indicado anteriormente.



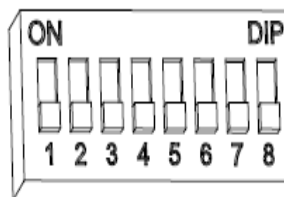
ADVERTENCIA: Los índices mínimos de interrupción del dispositivo de protección de sobrecorriente deben ser de 2000 A para sistemas de 12 V y de 4000 A para sistemas de 24 V.



NOTA: Observe cuidadosamente los interruptores LED después de cada conexión. Las luces LED indican si se cuenta con la polaridad adecuada y una conexión segura.

3.2 Configuración

El bloque de interruptores DIP que se muestra a continuación se usa para ajustar los parámetros de operación para el EcoPulse.



Interruptor 1: Control de iluminación

Con el bloque DIP 1 encendido, una luz conectada a las terminales de carga estará encendida desde el amanecer hasta el anochecer.

Interruptores 2 y 3: Voltaje del sistema

Se encuentran disponibles tres (3) configuraciones de voltaje de sistema como se indica en la siguiente tabla:

Voltaje del sistema	Interruptor 2	Interruptor 3
Auto	APAGADO	APAGADO
12	APAGADO	ENCENDIDO
24	ENCENDIDO	APAGADO

NOTA: Antes de conectar la batería, mida el voltaje del circuito abierto. Debe estar por encima de los 10 V para arrancar el controlador. (cont.)



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

2017

ANEXO 6

ESPECIFICACIONES DEL CONTROLADOR DE CARGA

Si los interruptores de configuración DIP del sistema de voltaje están ajustados en el modo de auto-detección, todo voltaje de batería que supere los 15.5 V se detectará como una batería de 24 V nominal y la unidad se cargará como tal.

La selección automática de 12/24 V se realiza únicamente al arrancar y el voltaje de sistema detectado no cambiará durante la operación. Se recomienda ajustar los DIP 2 y 3 a la configuración correcta del voltaje de sistema. Solo use la configuración predeterminada del modo de auto-detección si se desconoce el voltaje nominal de sistema.

Interruptores 4, 5 y 6: Selección del tipo de batería

Las opciones preestablecidas de carga de batería del EcoPulse se muestran en la tabla 3-1 a continuación. Todos los ajustes de voltaje listados son para baterías de 12 V nominales. Multiplique los ajustes de voltaje por dos (2) para los sistemas de 24 V.



NOTA: Esta configuración es una guía general para utilizarse a discreción del operador. Consulte al fabricante de la batería para obtener información sobre sus ajustes óptimos de carga.

Ajuste de interruptores DIP 4-6	Tipo de batería	Etapas de absorción (volts)	Etapas de mantenimiento (volts)	Etapas de equalización (volts)	Tiempo de absorción (min)	Tiempo de equalización (min)	Tiempo de espera de equalización (min)	Intervalo de equalización (min)	LVD (volts)	LVR (volts)
Interruptor 4: Selado	1 - Selado*	14,00	13,50		150				11,50	12,60
Interruptor 5: Selado	2 - Selado*	14,15	13,50	14,40	150	60	120	20	11,50	12,60
Interruptor 6: Selado	3 - Selado*	14,30	13,50	14,60	150	60	120	20	11,50	12,60
Interruptor 4: AGM/Inundado	4 - AGM/Inundado	14,40	13,50	15,10	180	120	180	20	11,70	12,80
Interruptor 5: Inundado	5 - Inundado	14,60	13,50	15,30	180	120	180	20	11,90	12,40
Interruptor 6: Inundado	6 - Inundado	14,70	13,50	15,40	180	180	240	20	12,10	12,60
Interruptor 7: L-16	7 - L-16	15,40	12,40	16,00	180	180	240	14	12,30	12,80
Interruptor 8: Personalizado	8 - Personalizado	Personalizado	Personalizado	Personalizado	Personalizado	Personalizado	Personalizado	Personalizado	Personalizado	Personalizado

* El tipo de batería "selado" incluye baterías de gel y AGM

Table 3.1. Ajustes de carga de batería para cada tipo de batería seleccionable

Interruptor 7: Ecualización de la batería

Modo	Interruptor 7
Ecualización manual	APAGADO
Ecualización automática	ENCENDIDO

NOTA: Independientemente de DIP 7 ajuste, manual de EQ se puede iniciar el comando a bordo del metro, "Iniciar ecualización". Para no meter las versiones, DIP 7 sólo habilita o deshabilita la ecualización auto - EQ manual no está disponible.

Interruptor 8: Interruptor de corriente

Modo	Interruptor 8
Interruptor PWM	APAGADO
Interruptor lento	ENCENDIDO

La configuración predeterminada del interruptor (APAGADO (OFF)/abajo) (PWM) opera a 300 Hz. Si los ruidos de carga o del sistema crean algún problema, se puede programar el bloque DIP8 (ENCENDIDO (ON)/arriba) para un interruptor lento de 1 Hz. Se recomienda utilizar el interruptor estándar PWM si el ruido del sistema no es problema.

3.3 Montaje

Inspeccione el controlador para comprobar si presenta daños por envío. Monte el EcoPulse en una superficie vertical (se incluyen 4 tornillos autorroscantes de acero inoxidable de #8). Apriete los tornillos de montaje con cuidado para no romper la caja de plástico. No instale directamente sobre una superficie fácilmente inflamable ya que el disipador térmico puede calentarse bajo ciertas condiciones de operación.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

2017

ANEXO 6

ESPECIFICACIONES DEL CONTROLADOR DE CARGA

NOTA: El disipador térmico debe estar en posición vertical (aletas hacia arriba y hacia abajo).

Para el flujo de aire adecuado, deje al menos 15 cm (6 pulgadas) de espacio por encima y por debajo del controlador y 50 mm (2 pulgadas) a los lados. Vea la figura 3-1 que se encuentra a continuación. Instale en un área que se encuentre protegida de la exposición directa a la lluvia y el sol.

Si el controlador está instalado en un lugar cerrado, se recomienda algo de ventilación. No lo coloque en un lugar cerrado en el cual los gases de la batería puedan acumularse.

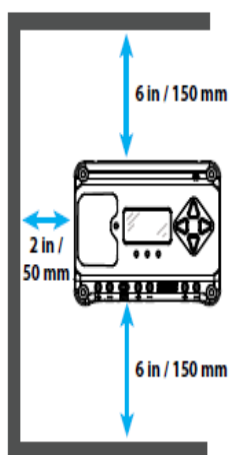


Figura 3-1. Espacios adecuados para una refrigeración pasiva

3.4 Cableado

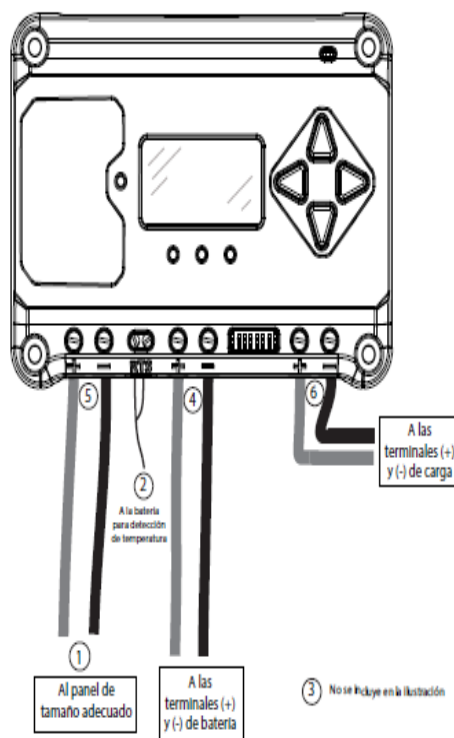


Figura 3-2. Realizar el cableado del EcoPulse

CONSULTE LA FIGURA 3.2 AL SEGUIR ESTAS INSTRUCCIONES DE CABLEADO



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

2017

ANEXO 6

ESPECIFICACIONES DEL CONTROLADOR DE CARGA

PASO 1: Revise las limitaciones del controlador

Verifique que el mayor voltaje de circuito abierto del panel solar compensado por temperatura (Voc) y la corriente de carga no excedan los índices de la versión del EcoPulse que se está instalando.

PASO 2: Sensor remoto de temperatura



ADVERTENCIA: Riesgo de incendio.

Si no está conectado un sensor remoto de temperatura (RTS), use el EcoPulse dentro de un rango de 3 m (10 pies) de las baterías. Se utilizará la compensación interna por temperatura si el RTS no está conectado. Se recomienda especialmente el uso del RTS.

Conecte el RTS a la terminal localizada de 2 posiciones (vea la figura). No hay polaridad, así que cualquier cable (+ o -) se puede conectar a cualquiera de las dos terminales atornillables.



ADVERTENCIA: Daños al equipo.

Nunca coloque el sensor de temperatura dentro de una celda de batería. Tanto el RTS como la batería se dañarán.



PRECAUCIÓN: El EcoPulse utilizará el sensor local de temperatura para la compensación si no se usa el RTS.

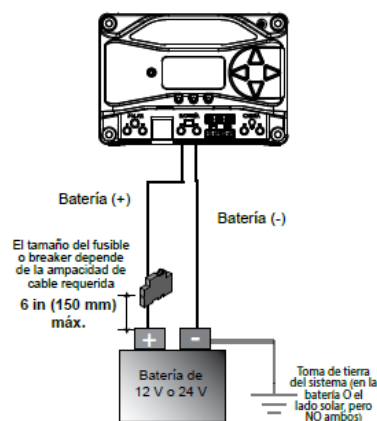
PASO 3: Conexión a tierra



NOTA: Dependiendo del país de instalación, los conductores que se identifiquen por el color verde o una combinación de verde y amarillo deberán utilizarse solo para los conductores de conexión a tierra.

Por seguridad, y para obtener una protección de iluminación efectiva, se recomienda, y se podría requerir en su localidad, que el conductor negativo del sistema de carga cuente con una conexión a tierra adecuada. Utilice solamente un sistema de conexión a tierra. Para más información sobre requisitos de tamaño de los conductores, consulte el Código Eléctrico Nacional de los Estados Unidos o sus reglamentos y códigos locales aplicables.

PASO 4: Conexiones de la batería



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

2017

ANEXO 6

ESPECIFICACIONES DEL CONTROLADOR DE CARGA

Asegúrese de que los interruptores DIP 2 y 3 estén ajustados para 12 o 24 V, tal como se describe en la sección 3.2.



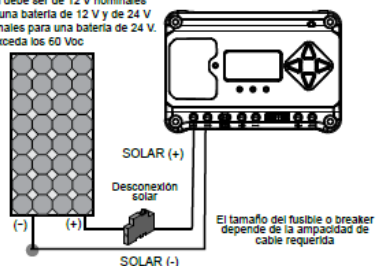
NOTA: Antes de conectar la batería, mida el voltaje del circuito abierto. Debe estar por encima de los 10 V para arrancar el controlador. Con la desconexión de la batería abierta, conecte los cables (+) y (-) de la batería desde esta última al controlador. **NO CIERRE LA DESCONEXIÓN EN ESTE MOMENTO.**

PASO 5: Conexiones solares



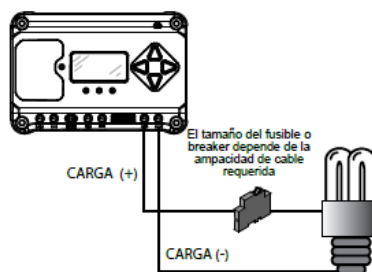
ADVERTENCIA: Peligro de descarga eléctrica.
El panel solar fotovoltaico puede producir voltajes de circuito abierto de hasta 60 V CC bajo la luz solar y este voltaje CC se suministra al equipo de conversión de energía (PCE). Verifique que la desconexión o breaker de entrada solar se ha abierto (desconectado) antes de instalar los cables del sistema.

NOTA: Por cuestiones de diseño, el panel debe ser de 12 V nominales para una batería de 12 V y de 24 V nominales para una batería de 24 V. No exceda los 60 Voc.



Con la desconexión solar abierta, conecte los cables del panel solar (fotovoltaico) a las terminales solares del EcoPulse. Tenga cuidado, ya que el panel solar producirá corriente cada vez que esté expuesta a la luz del sol. **NO CIERRE LA DESCONEXIÓN EN ESTE MOMENTO.**

PASO 6: Conexiones de carga



Apague las cargas y conecte los cables de carga a las terminales de carga. **NO CIERRE EL FUSIBLE NI EL BREAKER MIENTRAS LLEVA ESTO A CABO.**



PASO 7: Encendido y verificación de la operación del sistema

Cierre la desconexión de la batería para poner en marcha el procesador y activar las protecciones del controlador. Vea el estado de carga y, posteriormente, los tres indicadores LED de estado de carga (SOC) parpadearán en secuencia (verde-amarillo-rojo) para confirmar que ha arrancado correctamente. Si no se encienden, revise la polaridad (+/-) y el voltaje de la batería.



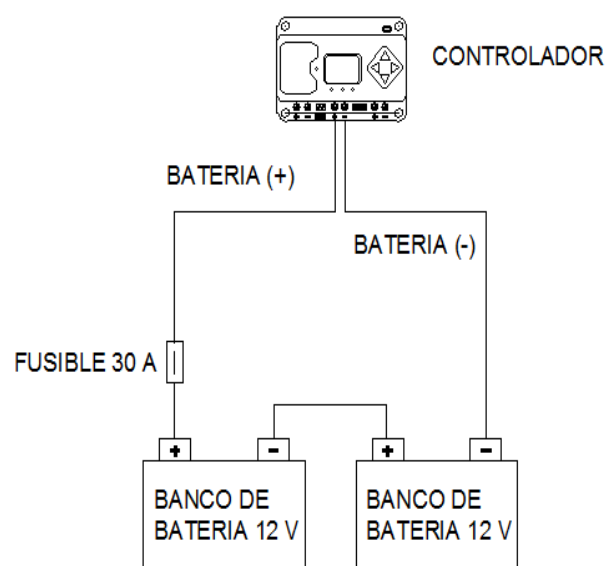
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

2017

ANEXO 6	ESPECIFICACIONES DEL CONTROLADOR DE CARGA
	<p>Se iluminará el indicador LED verde, amarillo o rojo, dependiendo del estado de carga de la batería (SOC). Confirme que uno de estos indicadores LED está encendido antes de continuar con el siguiente paso.</p> <p>Cierre la desconexión solar. Si la entrada solar está conectada mientras está expuesto a la luz del sol, el indicador LED de carga se iluminará. Confirme que cuenta con una conexión adecuada observando el LED de carga.</p> <p>Inserte el fusible de carga, o cierre el breaker, y encienda la carga para confirmar que cuenta con una conexión adecuada.</p> <p>PASO 8: Para apagar</p> <p> ADVERTENCIA: <i>Riesgo de daño. SOLAMENTE desconecte la batería desde el EcoPulse DESPUÉS de que la entrada solar se haya desconectado. Se puede dañar el controlador si la batería se retira mientras el EcoPulse se está cargando.</i></p> <ul style="list-style-type: none"> Para evitar daños, se debe realizar el apagado en el orden inverso al del encendido. <p>3.5 Ajustes personalizados</p> <p>3.5.1 Ajuste de la pantalla de medición</p> <p>Las opciones de configuración de la pantalla se ajustan utilizando las teclas direccionales para localizar y editar la configuración de pantalla deseada.</p> <p>3.5.2 Uso y operación de la tecla direccional/Navegación por el mapa de medición</p> <p>Una tecla iluminada indica una dirección válida en el mapa. La ubicación actual se indica en la pantalla con un encabezado de columna y un descriptor en negritas.</p> <p>3.5.3 Uso de la pantalla de medición para programar la carga de puntos de ajuste y de control de carga</p> <p>En una de las pantallas de nivel superior para monitoreo, desplácese hacia abajo hasta la pantalla del menú principal "Programación personalizada". Seleccione la categoría deseada y edite la variable o ajustes según se indique en la pantalla de medición.</p>
	<p align="center">UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI</p> <p align="center">2017</p>

ANEXO 7**DIAGRAMA DE CONEXIÓN DEL REGULADOR HACIA EL BANCO DE BATERÍAS.**

DIAGRAMA DE CONEXION DEL REGULADOR HACIA BANCO DE BATERIAS

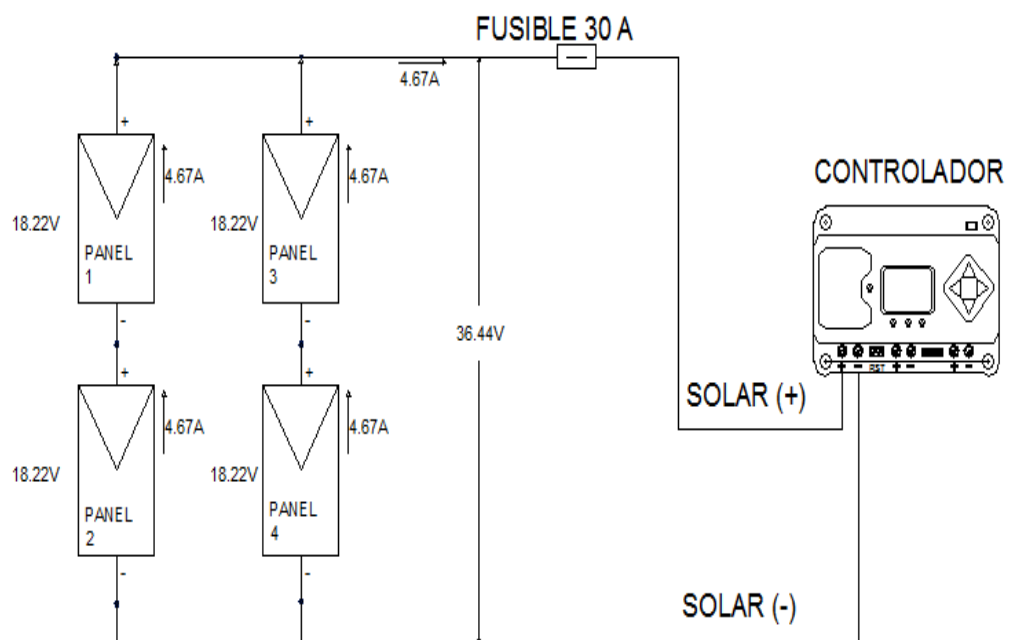


UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

2017

ANEXO 8**DIAGRAMA DE CONEXIÓN DESDE LOS PANELES
HACIA EL REGULADOR.**

DIAGRAMA DE CONEXION DE LOS PANELES HACIA EL REGULADOR

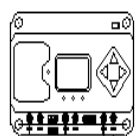
**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI****2017**

ANEXO 9

**DIAGRAMA DE CONEXIÓN DESDE EL
REGULADOR
HACIA LA CARGA.**

DIAGRAMA DE CONEXION DEL REGULADOR HACIA LA CARGA

CONTROLADOR



CARGA (-)

CARGA (+)

FUSIBLE 30 A

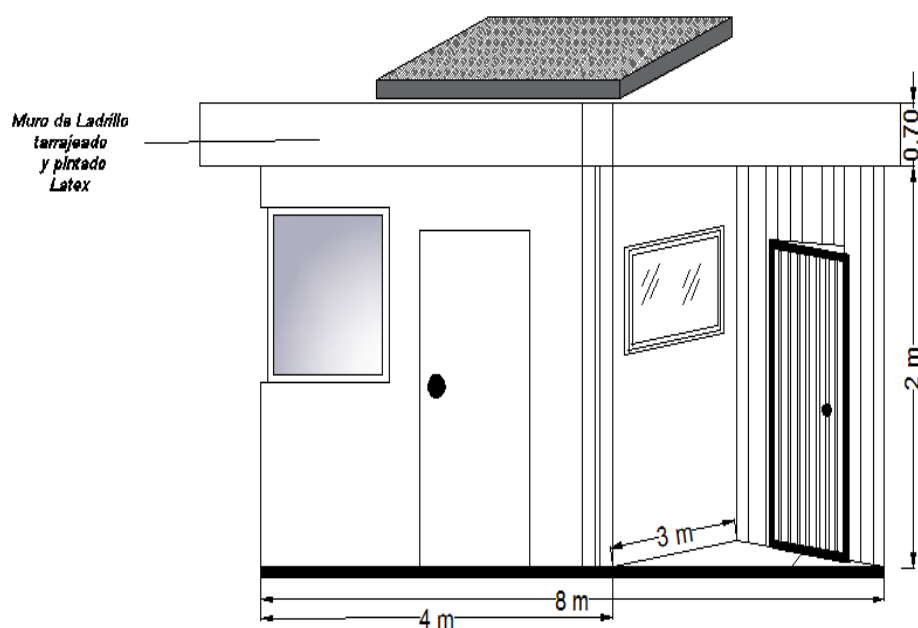
CARGA
DEMOSTRATIVA



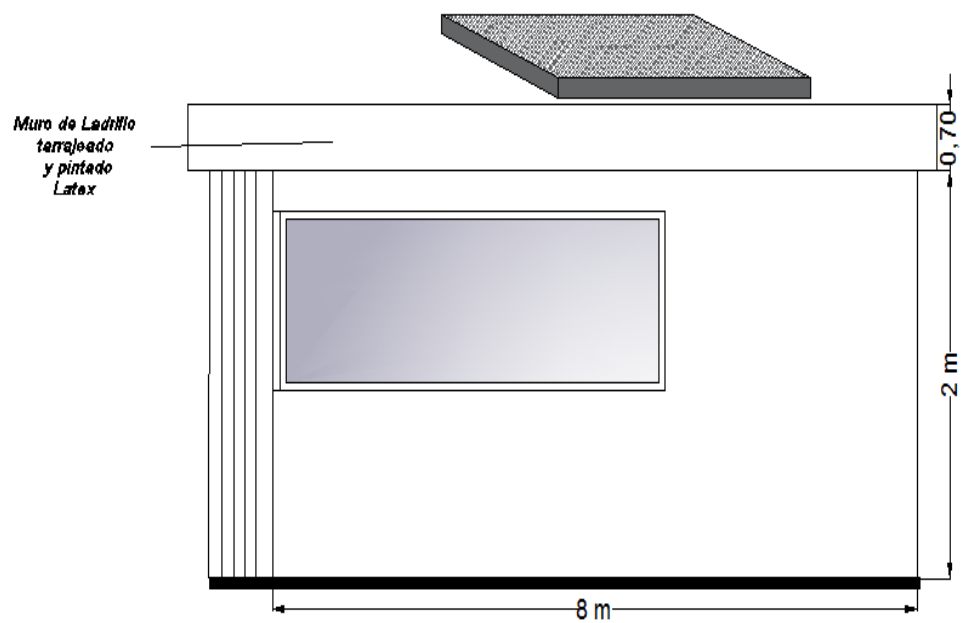
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

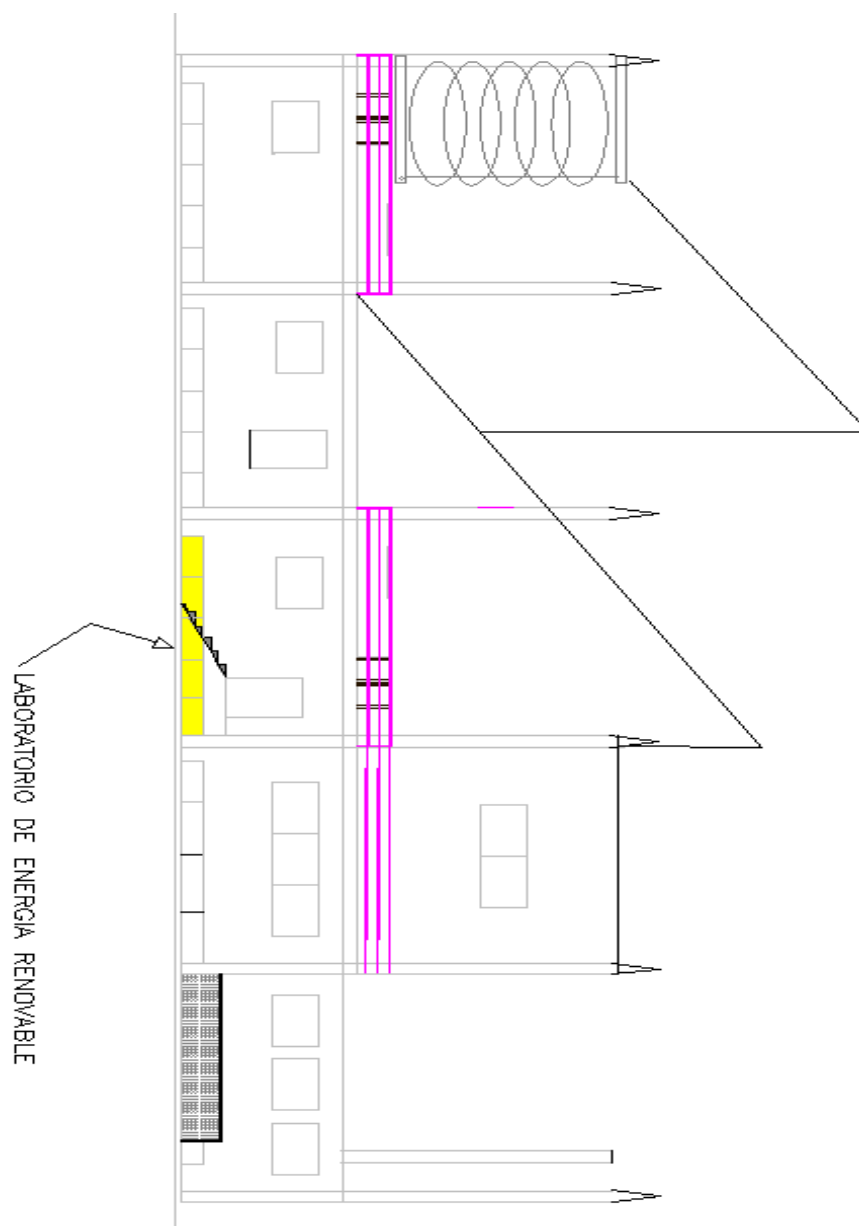
2017

GARITA VISTA POSTERIOR



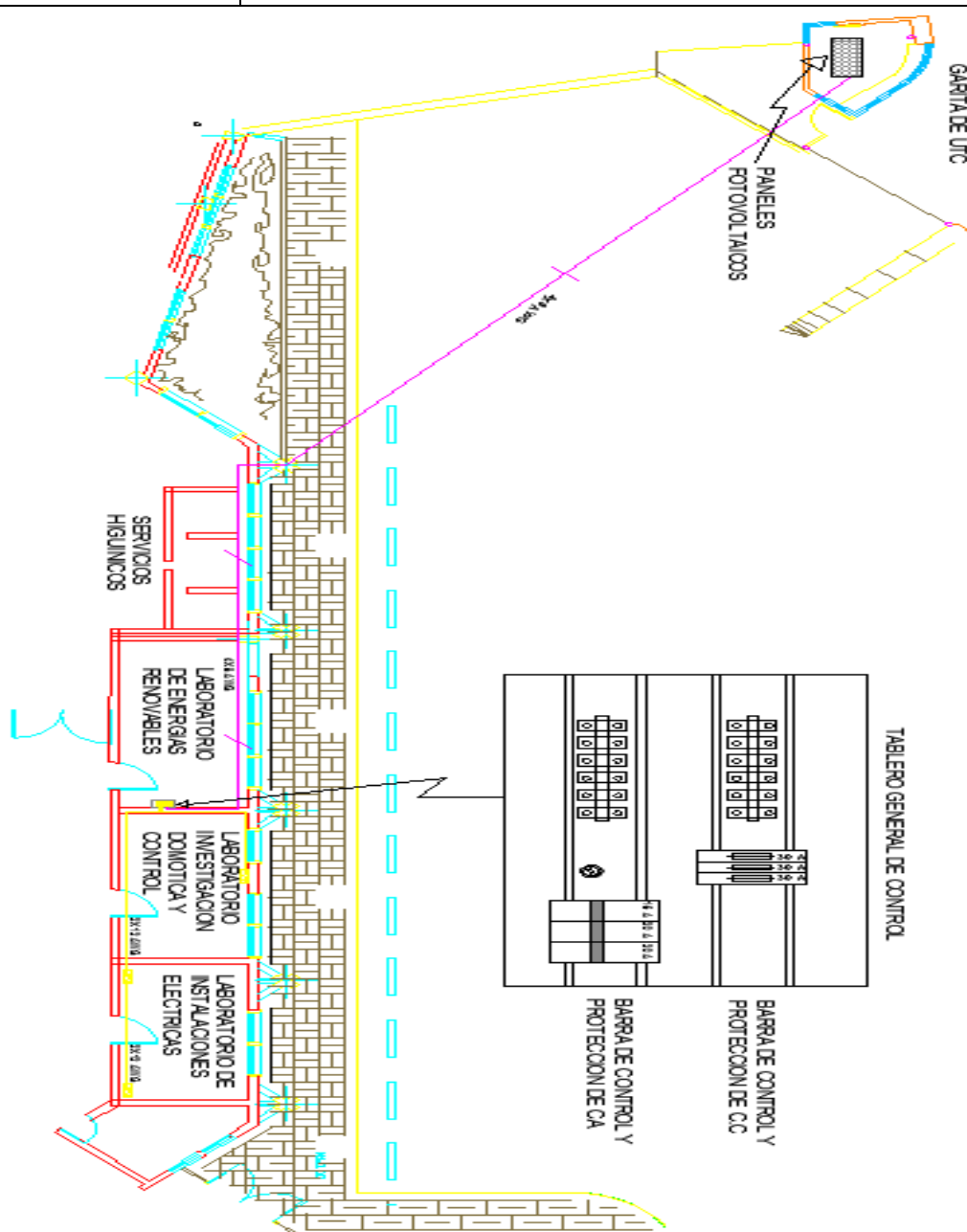
GARITA VISTA FRONTAL





ANEXO 13

DIAGRAMA DE UBICACIÓN E INSTALACION DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

2017

